STEPHEN HAWKING
Leonard Mlodinow

7. BASKI

BÜYÜK TASARIM

DK

Büyük Tasarım

Stephan Hawking-Leonard Mladinov

Hawking ve Mlodinow bu kısa ve hareketli kitapta okuru alıp bir temel fizik ve kozmoloji kasırgasına sürüklüyorlar.
The Wall Street Journal

Büyük Tasarım büyüleyici, modern fiziğin tüm karmaşıklığı içinde bize net bir anlayış kazandıracak fikirlerle dolu.
Los Angeles Times

Yazarlar bir ilki gerçekleştirip kendi alanlarına müthiş bir berraklık getiriyorlar...
Bilimi bu denli çekici kılmak o kadar zor değil; anlaşılır kılmak esas beceri.
Time

Provokatif bir popüler bilim kitabı, evrenimizin başlangıcına ilişkin en son görüşlere odaklanan bir keşif...
The New York Times

Okuru kuramsal fiziğin sınırlarındaki konularla tanıştırıyor. Bugüne kadar gördüklerim içinde genel okurlar için en anlaşılır olanı.
Steven Weinberg, The New York Review of Books

Çığır açıcı.
The Washington Post

Provokatif, zihin açıcı bir kitap.
The Plain Dealer

Douglas Adams, *Otostopçunun Galaksi Rehberi'nde* karakterlerine bir bilgisayardan "hayatın, evrenin ve herşeyin" nihai yanıtını sordurur. Stephen Hawking ve Leonard Mlodinow'un Büyük, Tasarımda işaret ettikleri gibi, bilgisayarın verdiği "42" yanıtı yardımcı olmaktan uzaktır. Hawking ile, Mlodinow, o nihai soruya şu üç soruyu ilave ediyorlar:

Niçin hiçlik değil de varlık var?

Niçin varız?

Niçin başka yasalar değil de bu bildiğimiz yasalar var?

Hawking ve Mlodinow Antik Yunan'dan modern kozmolojiye kadar bilimin gelişimindeki dönüm noktalarına işaret edip, Kuantum mekaniğine ve göreliliğe ilişkin kuramların bir araya gelerek evrenimizin nasıl yoktan var olduğunu anlamamızı sağalıyorlar. Şu an elimizde bulunan en iyi fizik tanımının "M-Kuramı" denilen ve içinde yaşadığımız tek bir evrenin değil, muazzam sayıda evrenin var olduğunu öngören kuram olduğunu açıklıyorlar.

Tüm olası evrenler arasından bazıları yaşamın ortaya çıkışına olanak tanıyan yasalara sahip olmalı. Burada olduğumuz gerçeği, bize zaten çoklu evrenin böyle bir noktasında olduğumuzu anlatıyor. Böylece, evrenin başlangıcına ilişkin tüm sorular, muazzam sayıda olası evreni işaret ediyor, bunların bazılarının -şans eseri yaşama olanak tanıyacak özelliklere sahip olduğunu söylüyor.

STEPHEN HAWKING

Cambridge Üniversitesi Lucas Kürsüsünde matematik profesörü olarak otuz yıl çalıştı; pek çok ödül ve nişan aldı; bunların arasında en son ABD den aldığı Özgürlük Madalyası da vardır. Okurların yararlandığı bazı kitapları arasında klasikleşen *Zamanın Kısa Tarihi, Kara Delikler ve Bebek Evrenler, Ceviz Kabuğundaki Evren ve Zamanın Daha Kısa Tarihi* sayılabilir. www.hawking.org.uk

LEONARD MLODINOW

California teknik Üniversitesi nde fizikçidir. *Ayyaş yürüyüşü: Hayatımızı Yöneten Rastlantılar, Öklid'in Penceresi: Paralel Çizgilerden Hiperuzaya Geometrinin Öyküsü, Feynmanın Gökkuşağı: Hayatta ve Fizikte Güzellik Arayışı ve Zamanın Daha Kısa Tarihi gibi çok satan kitapların yazarıdır.* Ayrıca Uzay Yolu, Next Generation için de yazmıştır. Güney Pasadena, California'da yaşamaktadır. www.its.caltech.edu/-Len

BÜYÜK TASARIM

Hanisin karikatürleri © Sdencecartoonsplus.com **Yazan:** Stephen Hawking, Leonard Mlodinow **İngilizce aslından çeviren:** Selma Öğünç
Türkçe yayın hakları: © Doğan Egmont Yayıncılık ve Yapımcılık Tie. A.Ş.
Bu kitabın Türkçe yayın hakları Akçalı Telif Hakları Ajansı aracılığıyla satın alınmıştır.
1. baskı/Mart 2012
7. baskı / Nisan 2012 / ISBN 978-605-09-0570-0 **Sertifika no:** 11940
Kapak tasarımı: Yavuz Korkut
Baskı: Mega Basım, Baha iş Merkezi. A Blok
Haramidere / Avcılar - İSTANBUL
Tel. (212)4224445
Sertifika no: 12026
Doğan Egmont Yayıncılık ve Yapımcılık Tic. A.Ş.
19 Mayıs Cad. Golden Plaza No. 1 Kat 10,34360 Şişli - İSTANBUL Tel. (212) 373 77 00 / Faks (212) 355 83 16
www.dogankitap.com.tr / editor@dogankitap.com.tr / satis@dogankitap.com.tr

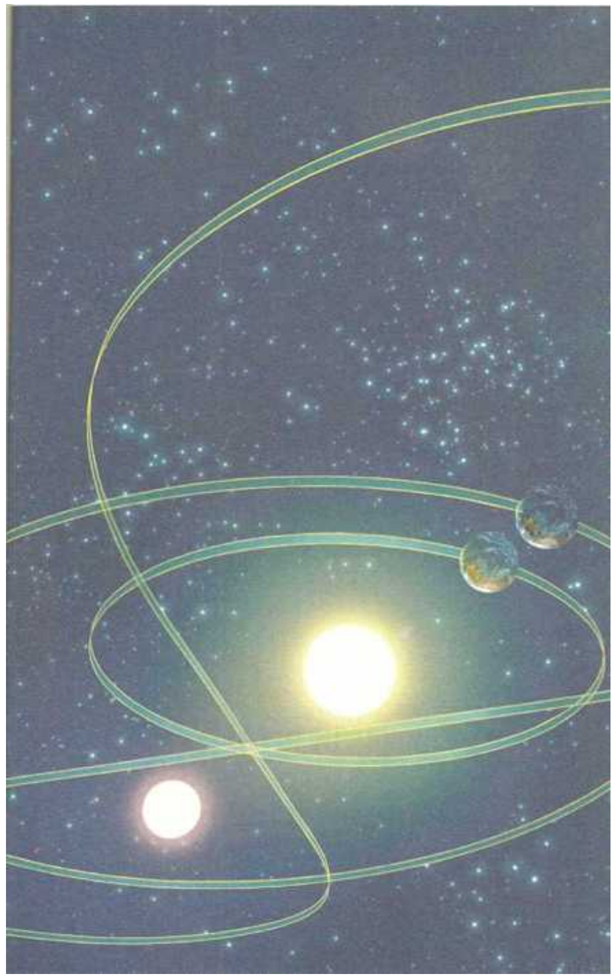
Büyük Tasarım

Stephen Hawking

Leonard Mlodinow

Çeviren: Selma Öğünç

DK DOĞAN KİTAP





1

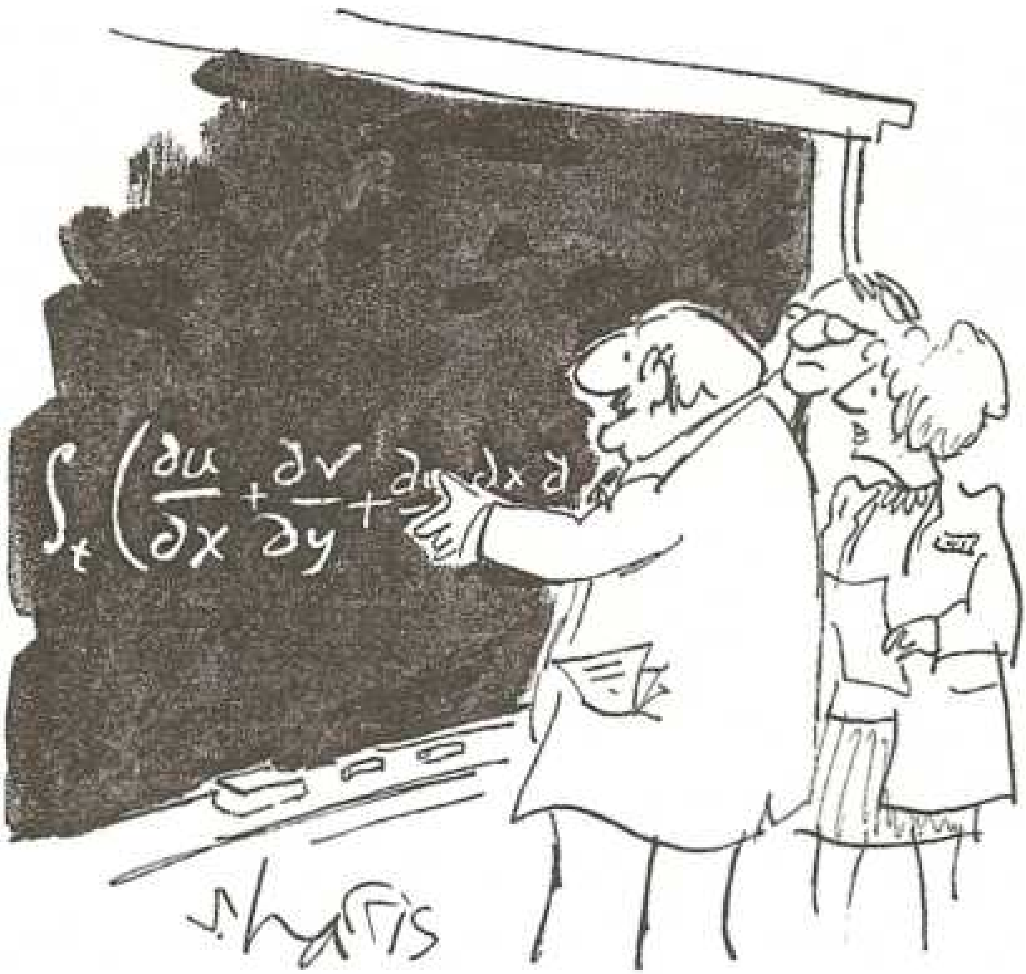
Varoluşun gizemi

Her birimiz ancak kısa bir süre için var oluruz ve bu süre içinde evrenin küçük bir parçasını keşfederiz. Ama insanoğlu meraklı bir türdür. Yanıtları merak eder, peşine düşeriz. Onlara bazen sevecen bazen de zalimce davranan bu uçsuz bucaksız dünyada yaşayıp üzerindeki hudutsuz gökyüzünden gözlerini alamayan insanlar, her zaman yığınla soru sormuşlardır: Kendimizi içinde bulduğumuz bu dünyayı nasıl anlayabiliriz? Evren nasıl devinir? Gerçeğin doğası nedir? Bütün bunlar nereden geldi? Evrenin bir yaratıcıya ihtiyacı var mı? Çoğumuz zamanımızın tümünü bu soruları düşünerek geçirmeyiz, ama hemen hepimiz zaman zaman bu soruları düşünürüz.

Geleneksel olarak bunlar felsefeye ait sorulardır ama felsefe ölüdür. Felsefe, bilimdeki özellikle fizikteki çağdaş gelişmelere ayak uyduramamıştır. Bilgi arayışımızda keşiflerin meşalesi artık bilim insanlarının elindedir. Bu kitabın amacı, son keşifler ve kuramsal ilerlemelerin ortaya çıkardığı yanıtları gözden geçirmektir. Bu yanıtlar bize evrenin yeni bir resmini gösteriyor ve bu resim, henüz on ya da yirmi yıl önce çizdiğimiz resimden bile farklı. Yine de bu yeni anlayışın ilk izlerini neredeyse bir yüzyıl öncesine kadar takip edebiliriz.

Geleneksel evren anlayışına göre, nesneler iyi tanımlanmış yollar izler ve geçmişleri bellidir. Onların kesin yerlerini zamanın her anında belirleyebiliriz. Bu hesaplama gündelik amaçlar için yeterince başarılı olmakla birlikte 1920'lerde bu "klasik" resmin, varoluşun atom ve atomaltı düzeylerinde gözlemlenen tuhaf davranışları açıklayamadığı ortaya çıktı. Böylelikle, adına kuantum fiziği denilen yeni bir çerçevenin kabul edilmesi

gerekti. Kuantum kuramlarının bu ölçeklerdeki olayları olağanüstü doğruluk-


S. Harris

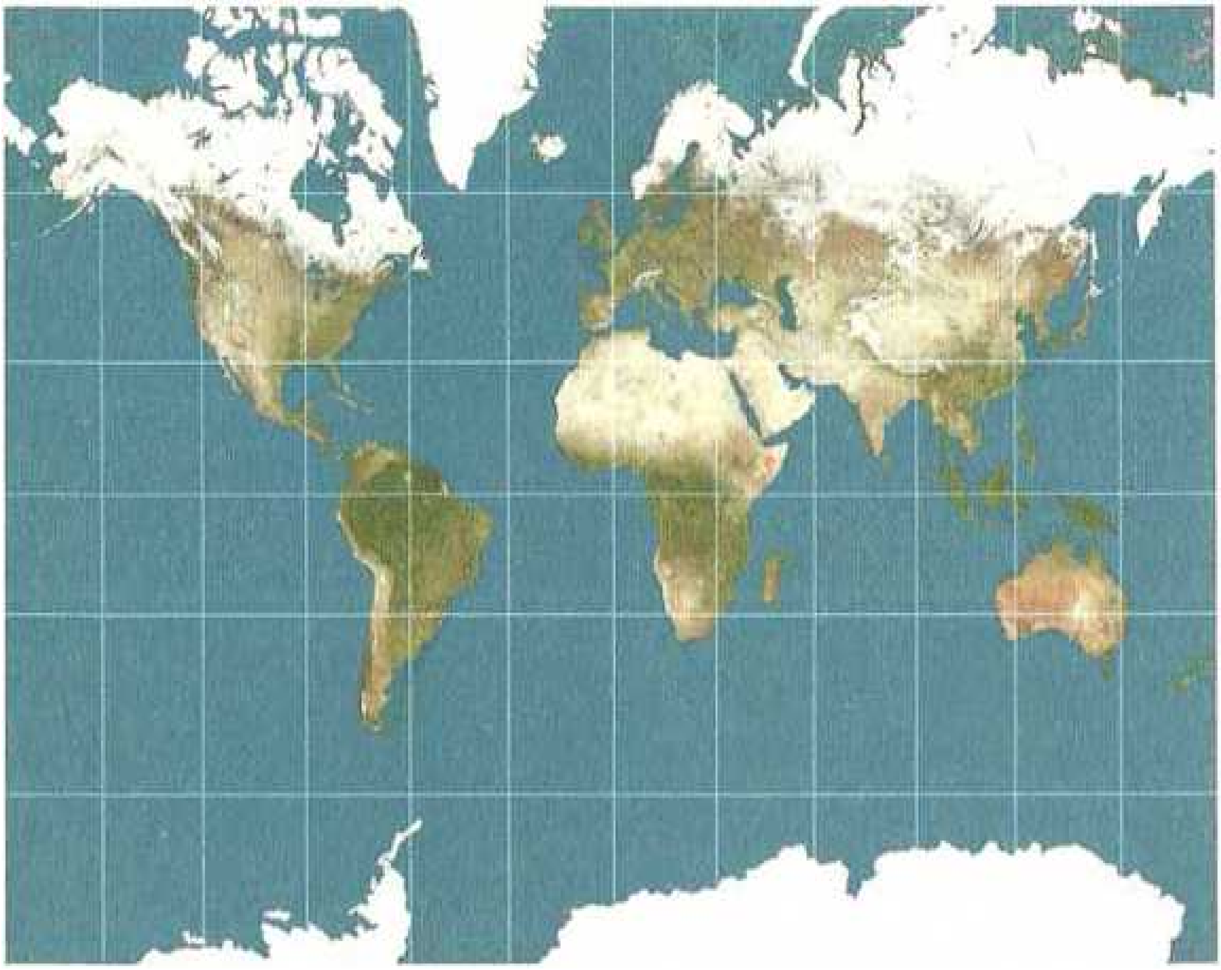
ta kestirebildiği gibi, gündelik hayatın makroskopik (çıplak gözle görülen) dünyasına uygulandıklarında eski klasik kuramın kestirimlerini de tekrarlayabildiği ortaya çıktı. Ancak kuantum fiziği ve klasik fizik, fiziksel gerçekliğin çok farklı tanımlarını temel alır.

Kuantum kuramları pek çok farklı biçimde formüle edilebilir, ancak belki de en sezgisel tanım, California Teknoloji Enstitüsü'nde çalışıp striptiz yapılan bir gece kulübünde bongo çalacak kadar renkli bir kişiliği olan Richard (Dick) Feynman tarafından yapılmıştır. Feynman'a göre bir sistemin tek bir geçmişi yoktur, bir sistem bütün olası geçmişlere sahiptir. Yanıtlarımızı ararken Feynman'ın yaklaşımını ayrıntılı olarak açıklayacağız ve evrenin tek bir geçmişi olmadığı, hatta bağımsız bir varlığı olmadığı görüşünü incelerken onun yaklaşımını kullanacağız. Bu, pek çok fizikçi için bile radikal bir düşünce olabilir. Aslında günümüz bilimindeki birçok kavram gibi sağduyuya karşı görünüyor. Ancak sağduyu gündelik deneyimlere dayanır, atomun derinliklerine veya evrenin erken dönemlerine göz atmamızı sağlayan teknolojilerin mucizeleri aracılığıyla kendini gösteren evrene değil.

Çağdaş fizik ortaya çıkıncaya kadar, genelde dünya hakkında bilgilere doğrudan gözlemle ulaşabileceğimizi; şeylerin duyularımız aracılığıyla algıladığımız şekilde, göründükleri gibi olduğunu düşünüyorduk. Ancak Feynman'ınki gibi gündelik deneyimlerle uyuşmayan görüşlere dayanan çağdaş fiziğin muazzam başarısı, durumun böyle olmadığını gösterdi. Bu nedenle naif gerçeklik anlayışı çağdaş fizikle bağdaşmaz. Böylesi paradokslarla başa çıkabilmek için modele bağlı gerçeklik dediğimiz bir yaklaşım benimseyeceğiz. Bu yaklaşım, beynimizin duyu organlarımızdan gelen verileri bir dünya modeli oluşturarak yorumladığı düşüncesine dayanır. Böyle bir model olayları açıklamakta başarılıysa, onu oluşturan unsurları ve kavramları gerçekliğin niteliği veya mutlak hakikat olarak kabul etme eğiliminde oluruz. Ancak aynı fiziksel durumu değişik temel unsurlar ve kavramlar kullanarak modellemenin farklı yolları olabilir. İki farklı fizik kuramı veya model, aynı olayları doğru olarak öngörebiliyorsa, birinin diğerinden daha doğru olduğu söylenemez; daha çok, bize en uygun modeli kullanmakta özgür oluruz.

Bilim tarihinde Platon'dan Newton'ın klasik kuramına, çağdaş kuantum kuramlarına kadar; giderek daha da iyi kuramlar veya modeller keşfettik. Doğal olarak şunu sorabiliriz: Bu kuramlar dizisi, yapabildiğimiz bütün gözlemleri öngören ve bütün güçleri kapsayan evrenin nihai kuramıyla son bulacak mı? Veya sonsuza kadar daha iyi kuramlar bulmaya devam edeceğiz ama daha ötesi olmayan bir kuramı asla bulamayacak mıyız? Henüz kesin bir yanıtımız yok, ama şimdi her şeyin nihai kuramı için (gerçekten böyle bir kuram varsa) bir adayımız var: M-kuramı. M-kuramı, nihai kuramda olması gerektiğini düşündüğünüz bütün özelliklere sahip olan tek model ve bundan sonraki tartışmalarımızın çoğu bu kuramı temel alacak.

M-kuramı alışılmış kuramlardan değil. Farklı kuramlardan oluşan bir aile; içindeki her bir kuram, yalnızca belli alanlardaki fiziksel durumların gözlemlerini tanımlıyor. Bir haritaya benziyor biraz. Dünyanın bütün yüzeyini tek bir haritada göstermenin mümkün olmadığını herkes bilir. Merkator Projeksiyonu{1} kullanılan dünya haritalarında en kuzey ve en güneydeki bölgeler çok daha büyük görünür ve kutuplar görünmez. Bütün yeryüzünü haritalandırabilmek için, her biri sınırlı bir bölgeyi gösteren bir dizi harita kullanmamız gerekir. Haritaların birbirleri ile örtüştüğü yerler aynı bölgeleri gösterir. M-kuramı da buna benzer. M-kuramı ailesindeki kuramlar birbirlerinden çok farklı görünebilir, ama her biri temelde yatan tek bir kuramın farklı yönleri olarak kabul edilebilir.



Dünya haritası Evreni temsil etmesi için bir dizi örtüşen kuram gerekebilir; tıpkı bütün yeryüzünü gösterebilmek için birbiriyle örtüşen haritaların gerekmesi gibi.

Bunlar, M-kuramının yalnızca sınırlı bir alana -örneğin, enerji gibi belirli niceliklerin küçük olduğu durumlara- uygulanabilen uyarlamalarıdır. Tıpkı Merkator Projeksiyonu'nun birbirinin üzerine binen haritaları gibi, üst üste geldikleri yerlerde aynı fenomeni öngörürler. Ancak, dünyanın bütün yüzeyini en iyi şekilde gösterecek düz bir harita olmadığı gibi, bütün durumlara ait gözlemleri en iyi şekilde ifade edecek tek bir kuram da yoktur.

M-kuramının yaratılış sorusuna nasıl yanıtlar verdiğini de tartışacağız. M-kuramına göre tek evren bizimki değil. Aksine, M-kuramı çok sayıda evrenin yoktan var edildiğini öngörür. Bu evrenlerin yaratılışı doğaüstü bir gücün veya Tanrı'nın müdahalesini gerektirmez. Aslında bu çokluevrenler kendiliklerinden fizik yasasından doğarlar. Onlar bilimin öngörüsüdür. Her evren pek çok olası geçmişe ve şimdiki zaman gibi yaratılışından çok sonraki bir zamana karşılık gelen pek çok olası duruma sahiptir. Bu durumların çoğu bizim gözlemlediğimiz evrene hiç benzemeyecektir ve herhangi bir yaşam formunun varlığı için hiç uygun olmayacaktır. Sadece çok azı bizim gibi canlıların varlığına izin verecektir. Böylece bizim varlığımız, bu uçsuz bucaksız evrenler dizisinden yalnızca varoluşumuza uygun olanları seçecektir. Kozmik ölçekte biz her ne kadar çelimsiz ve önemsiz olsak da, bu seçim bizi bir anlamda yaratılışın tanrıları kılmaktadır.

Evreni en derin düzeyde kavrayabilmek için yalnızca evrenin *nasıl* hareket ettiğini değil, *niçin* öyle hareket ettiğini de bilmek zorundayız.

Niçin hiçlik değil de varlık var?

Niçin varız?

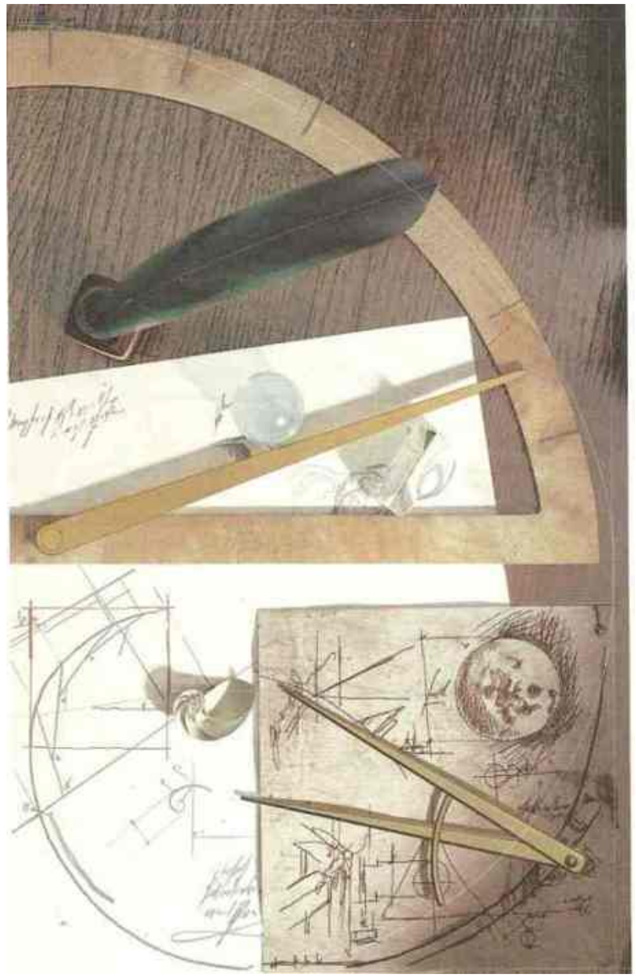
Niçin başka yasalar değil de bu bildiğimiz yasalar var?

Bu "Hayat'ın, Evren'in ve Her Şey'in Nihai Sorusu"dur.* Bu kitapta yanıtını vermeye çalışacağız. Ancak, *Otostopçu'nun Galaksi Rehberi*'nde

verilen yanıtın aksine, bizimki basitçe “42”** olmayacak.

***** Douglas Adams'ın Otostopçunun Galaksi Rehberi adlı kitabında Derin Düşünce adlı bilgisayara yanıtlaması için sorulan soru. (ç.n)***

*****Bilgisayarın bu soruya verdiği yanıt, (ç.n.)****



2

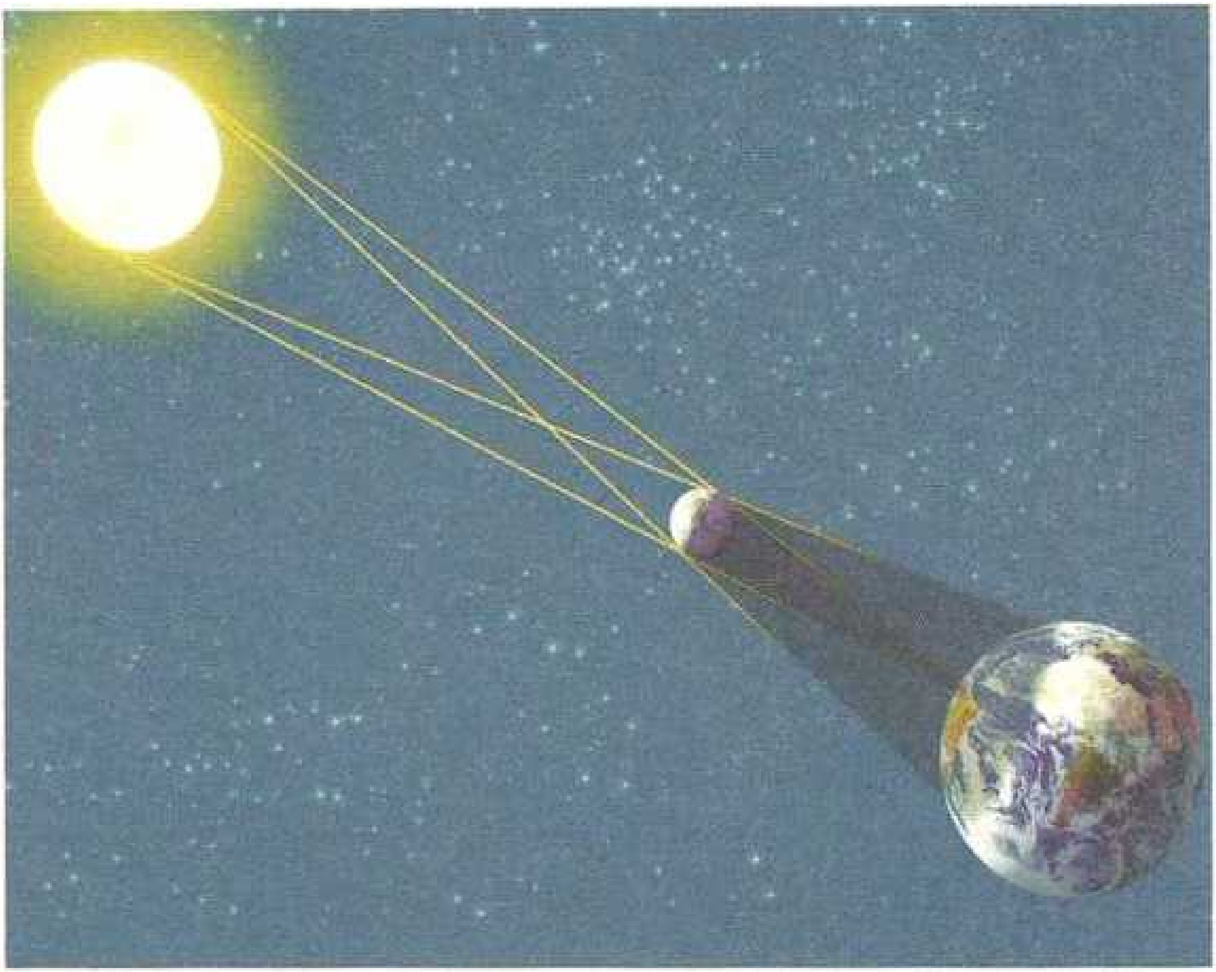
Yasaların üstünlüğü

> Kurt Skoll Ay'ı ürkütür,
> O da Acılar Ormanı'na kadar uçar.
>
> Kurt Hati, Hridvitnir'in akrabası Güneş'in
> peşine düşer.
>
> *"Grimnismal" The Elder Edda*

Viking mitolojisinde Skoll ve Hati Ay'ı ve Güneş'i kovalar. Bunlardan biri yakalandığında tutulma gerçekleşir. Bu olduğunda, yeryüzündeki insanlar kurtları korkutup Ay veya Güneş'i kurtarmak amacıyla ellerinden geldiğince çok gürültü yaparlar. Diğer kültürlerde de benzeri efsaneler vardır. Ancak bir süre sonra insanlar, Güneş'in ve Ay'ın onlar etrafta koşturarak bağırıp çağırmasalar da tutulmadan çıktıklarını fark etmiş olmalılar. Hatta bir süre sonra tutulmanın rastgele olmadığını da fark etmiş olmalılar. Tutulmalar kendilerini tekrar eden düzenli örüntülerdir. Bunu Ay tutulmalarında çok daha açık bir şekilde gözlemleyen Babilliler, Dünya'nın Güneş'in ışığını kesmesi yüzünden bu durumun oluştuğunu anlamasalar da, Ay tutulmalarını oldukça doğru bir şekilde hesaplamışlardır. Güneş tutulmaları yeryüzünde ancak 30 millik bir koridor içinde gözlenebildiğinden, hesaplanması çok daha zordur. Yine de oluşumların düzeni bir kez kavrandığında, tutulmaların doğaüstü varlıkların keyiflerine bağlı olmadığı, yasalar tarafından yönetildiği açığa çıkmış olur.

Erken dönemlerde gökcisimlerinin hareketlerini oldukça başarılı bir şekilde öngörmelerine rağmen, atalarımızın pek çok doğa olayını önceden bilmeleri olanaksızdı. Volkanlar, depremler, fırtınalar, salgınlar ve ayak tırnaklarının batması görünür bir neden veya bir döngü olmaksızın meydana geliyordu. Eski zamanlarda doğanın şiddetli hareketlerini kötü niyetli ya da yaramaz tanrılar panteonuna atfetmek olağandı. Genellikle

felaketler, bir şekilde tanrıları kızdırmış olduğumuzun işareti olarak algılanıyordu. Örneğin, MÖ 5600 yıllarında Oregon'daki Mazama Dağı volkanı faaliyete geçerek yıllarca taş ve yanan kül yağdırdı ve sonunda volkanın kraterim dolduracak kadar çok yağmura neden oldu; günümüzde buraya Krater Gölü diyoruz.



Tutulma Eski zaman insanları tutulmaya neyin neden olduğunu bilmiyorlardı, ama tutulmaların döngüsel olduğunu fark etmişlerdi.

Oregon'daki Klamath yerlilerinin söylenceleri bu olayın bütün jeolojik ayrıntılarıyla tamamen örtüşür, ancak felakete neden olan bir insan portresi çizerek bir parça dram eklemişlerdir. İnsanların suçluluk duyma becerileri o kadar büyüktür ki, mutlaka kendilerini suçlayacak bir yol bulurlar. Söylenceye göre Aşağı Dünya'nın şefi Llao, Klamath şefinin güzelim kızına âşık olur. Kız aşkını kabul etmeyince Llao intikam almak için insanların kabilesini ateşle yok etmeye çalışır. Şanslarına Yukarı Dünya'nın şefi Skell insanlara acır ve onunla savaşır. Sonunda Llao yaralanır ve Mazama Dağı'nın içine çekilir. Ardında büyük bir delik bırakır, sonradan bu krater suyla dolar.

Eski zamanlarda doğanın nasıl işlediğini anlayamayan insanlar, hayatlarındaki her alana hükmetmesi için tanrılar icat etmiştir. Aşk ve savaş tanrıları, güneş, yeryüzü, gökyüzü tanrıları, okyanus ve nehirlerin tanrıları, yağmur ve gök gürültüsü tanrıları hatta depremler ve volkanların dahi tanrıları vardı. Tanrılar memnun edilmişse insanlara iyi hava ve barış ihsan edilir, hastalık ve felaketlerden korunurlardı. Ancak memnun değillerse kuraklık, savaş ve salgın olurdu. Doğadaki neden-sonuç ilişkisi anlaşılamadığı için bu tanrılar çok gizemliydi ve insanlar onların merhametine kalmışlardı. Ancak bundan 2600 yıl kadar önce, Miletoslu Thales (yak. MÖ 624-546) ile birlikte bu durum değişmeye başladı. Doğanın izlediği tutarlı ilkelerin anlaşılabilir olduğu düşüncesi doğdu. Ve böylece tanrıların hükümdarlığı anlayışının yerini, doğanın yasaları tarafından yönetilen ve bir gün nasıl okunacağını öğreneceğimiz bir plana göre yaratılan bir evren anlayışının aldığı o uzun süreç başladı.

İnsanlık tarihine baktığımızda bilimsel araştırmanın çok yeni bir girişim olduğunu görürüz. Bizim türümüz, *Homo sapiens*, MÖ 200.000 civarında Büyük Sahra Çölü'nün alt kısımlarında ortaya çıktı. Tahıl üretimi etrafında örgütlenen toplumların ürünü olan yazılı dilin geçmişi ise yalnızca MÖ 7000'li yıllara kadar uzanır. (En eski yazılardan bazıları, izin verilen günlük bira tayınları hakkındadır.) Büyük bir uygarlık kurmuş olan Eski Yunan'a ait ilk yazılı kaydın tarihi MÖ 9. yüzyıldır; ancak bu uygarlığın en

yüksek devri, yani “klasik dönem” birkaç yüzyıl sonra; MÖ 500’den biraz önce başlamıştır. Aristoteles’e (MÖ 384-322) göre, dünyanın anlaşılabileceği, çevremizdeki karmaşık olayların basit ilkelere indirgenebileceği ve bunların mitlere veya teolojik yorumlara gerek kalmadan açıklanabileceği düşüncesi ilk kez Thales tarafından bu dönemde ileri sürülmüştür.

Bir Güneş tutulmasını ilk kez öngörme şerefi Thales’e ait olsa da MÖ 585’te gerçekleşen tutulmayı büyük bir doğrulukla öngörmesi muhtemelen çok şanslı bir tahmindi. Thales, ardında kendine ait herhangi bir yazı bırakmayan, karanlıklarda kalmış bir figürdür. Yunanlıların kolonisi olan İonya’daki evi entelektüel merkezlerden biridir ve yarattığı etki, sonunda Anadolu’dan taşıp batıya, İtalya’ya kadar ulaşmıştır. En büyük özelliği doğal fenomenlerin temel yasalarını açıklamak olan İon bilimi, insanın düşünce tarihinde çok önemli bir dönüm noktası olmuştur. Yaklaşımları akılcıdır ve bu yaklaşım onları birçok konuda bizim günümüzde kullandığımız gelişmiş yöntemlerle elde ettiklerimize şaşırtıcı derecede benzer sonuçlara ulaştırmıştır. Bu büyük bir başlangıcı temsil etmektedir. Yüzyıllar geçtikçe İon bilimi unutulacak, ancak zamanla defalarca yeniden keşfedilecek veya yeniden icat edilecektir.

Efsaneye göre, bugün doğa yasası diyebileceğimiz ilk matematik formülünü bulan ve günümüzde onun adıyla anılan kuramla ünlenen İonyalı Pythagoras’tır (yak. MÖ 580-490). Bu kurama göre bir dik üçgende hipotenüsün (üçgenin en uzun kenarı) karesi, diğer iki kenarının karelerinin toplamına eşittir. Müzik aletlerinde kullanılan tellerin uzunluğu ile sesin armonik birleşimleri arasındaki rakamsal ilişkiyi de Pythagoras’ın bulduğu söylenir. Günümüz diliyle bu ilişkiyi şöyle ifade edebiliriz: Sabit bir gerilim altında titreşen bir telin frekansı -saniyedeki titreşim sayısı- telin uzunluğuyla ters orantılıdır. Pratik açıdan bakacak olursak, bas gitar tellerinin diğer gitarlara göre neden daha uzun olması gerektiğini böylece anlamış oluruz. Belki de Pythagoras bunu gerçekten keşfetmedi -hatta kendi adıyla anılan kuramı da o keşfetmedi- ancak telin uzunluğu ile ses perdesi arasındaki ilişkinin onun zamanında bilindiğine dair kanıtlar var. Eğer öyleyse, bu basit matematiksel formülü, günümüzdeki kuramsal fiziğin ilk örneği olarak kabul edebiliriz.

Pythagoras’ın tellere ilişkin yasasının dışında, eskilerin doğru olarak bildiği fizik yasaları, antikçağın en önemli fizikçisi olan Arkhimedes (yak.

MÖ 287-212) tarafından formüle edilen üç yasadır. Günümüz terminolojisiyle, kaldıraç yasası küçük güçlerin çok büyük ağırlıkları kaldırabileceğini ifade eder; çünkü kaldıraç, uygulanan gücü dayanak noktasından uzaklığı oranında artırır. Sıvıların kaldırma yasası, bir sıvıya batırılan herhangi bir nesnenin taşırdığı sıvının ağırlığına eşit bir güçle yukarı doğru itileceğini açıklar. Yansıma yasası ise, bir ışık ışını ile ayna arasındaki açının, yansıyan ışıkla ayna arasındaki açıya eşit olduğunu söyler. Ancak Arkhimedes bunlara ne yasa dedi, ne de bunları gözlem ve ölçümlere dayanan verilerle açıkladı. Tersine bunları saf matematiksel kuramlar olarak görüp, daha çok Öklid'in geometri için yarattığı sisteme benzeyen bir aksiyom sistemi içinde ele aldı.

İon etkisi yayıldıkça, evrenin gözlem ve mantık yoluyla anlaşılabilen bir iç düzene sahip olduğunu fark eden başkaları da çıktı. Thales'in bir arkadaşı belki de öğrencisi olan Anaksimandros (yak. MÖ 610-546) yeni doğan bebeklerin ne kadar çaresiz olduklarına bakarak, ilk insanın yeryüzünde bir bebek olarak ortaya çıkması durumunda, hayatta kalamayacağını savundu. İnsanlığın ilk evrim halkasının ne olabileceğini düşünen Anaksimandros, insanların bebekleri daha güçlü olan diğer hayvanlardan evrimleştiği iddiasını ileri sürdü. Sicilya'da Empedokles (yak. MÖ 490-430) *clepsydra* (su saati) adlı bir aletin nasıl kullanıldığına dair gözlemler yaptı. Açık bir ağza ve dibinde küçük deliklere sahip bir kaptan ibaret bu alet, bazen kevgir olarak da kullanılıyordu. Suya batırıldığında doluyor, ağzı kapatılarak çıkarıldığında, içindeki su küçük deliklerden akıp gitmiyordu. Ancak Empedokles, suya sokmadan önce aletin ağzı kapatıldığında içine su almadığını fark etti.



MACEDONIA
THESSALY
AETOLIA
ACHAEA
ARCADIA
ARGOLIS
SPARTA
LESBOS
PHRYGIA
MYSIA
LYDIA
CARIA
RHODES
GREECE
in the Archaic Age
Miletus
IONIA
Districts where many city states developed
Districts where older tribal organisation persisted

İonya ilk kez doğal fenomenleri din veya mitoloji yerine doğa yasalarıyla açıklayanlar eski İonya âlimleri oldu.

Yürüttüğü mantığa göre, suyun deliklerden geçip içerideki boşluğa dolmasını engelleyen görünmez bir şey olmalıydı - böylece bizim hava dediğimiz maddeyi keşfetmiş oldu.

Aynı sırada Yunanistan'ın kuzeyindeki bir İon kolonisinde yaşayan Demokritos (yak. MÖ 460-370) bir nesneyi kırarak veya keserek parçalara ayırdığınızda neler olduğuna kafa yoruyordu. Bu işlemi sonsuza kadar yapamayacağımızı savunuyordu. Canlı varlıklar da dahil olmak üzere her nesnenin kırılamaz veya kesilemez temel parçacıklardan oluştuğunu öne sürüyordu. Bu en küçük parçacığa Yunanca bir sıfat olan ve kesilemez anlamına gelen "atom" adını verdi. Demokritos, her maddi fenomenin atomların çarpışması sonucunda meydana geldiğine inanıyordu. Onun görüşüne göre bütün atomlar uzayda devinim halindedir ve engellenmedikleri sürece devinimlerini sonsuza dek sürdürürler. Günümüzde bu düşünceye eylemsizlik ilkesi diyoruz.

Bizim evrenin merkezinde yaşayan özel varlıklar değil, yalnızca sıradan varlıklar olduğumuza dair devrimci düşüncenin sahibi, İonya'nın son bilim insanlarından biri olan Aristarkhos'tur (MÖ 310-230). Onun sadece bir hesaplaması günümüze kaldı; Ay tutulması sırasında Dünya'nın Ay'ın üzerine düşen gölgesinin büyüklüğüne dair dikkatli gözlemlerinin karmaşık bir geometrik analizi. Bu verilerden hareket ederek, Güneş'in Dünya'dan çok daha büyük olması gerektiği sonucuna vardı. Belki de büyük nesnelerin küçük nesneler etrafında değil de, küçük nesnelerin büyük nesnelerin etrafında dönmesinden etkilenerek, Dünya'nın Güneş sisteminin merkezinde olmadığını, çok daha büyük olan Güneş'in etrafında dönen gezegenlerden biri olduğunu savunan ilk bilim insanı oldu. Dünyamızın yalnızca diğer gezegenlerden biri olduğunu fark ettikten sonra, Güneş'in de sıradan olduğunu anlamak için küçük bir adım atmak yeterlidir. Aristarkhos da bundan şüphelendi ve geceleri gökyüzünde gördüğümüz yıldızların aslında uzak güneşlerden başka bir şey olmadıklarına inandı.

İonyalılar, antik Yunan felsefesine ait, farklı ve genellikle birbirine karşıt geleneklere sahip pek çok okuldan biriydi. Ne yazık ki İonyalıların

doğaya bakış açıları -genel yasalar aracılığı ile açıklanabilen ve bir dizi basit ilkeye indirgenebilen görüşleri- yalnızca birkaç yüzyıl boyunca güçlü bir şekilde etkili olabildi. Bunun nedenlerinden biri, İonya kuramlarının özgür irade, amaç veya dünyanın işlerine karışan Tanrılar kavramına yer vermemeleriydi. Bunların ihmal edilmesi o zamanın çoğu Yunan düşünürü için son derece ürkütücüydü, tıpkı günümüzde birçok insan için olduğu gibi. Örneğin filozof Epikuros (yak. MÖ 341-270) standart atomcu görüşlere "doğacı filozofların yazgılarına 'köle' olmaktansa, tanrılar hakkındaki mitleri izlemenin daha iyi" olduğunu söyleyerek karşı çıktı. Aristoteles de atomcu görüşü reddetti, çünkü insanların ruhsuz ve cansız maddelerden meydana gelmiş olmasını kabul edemiyordu. İonyalıların insanın evrenin merkezinde olmadığı görüşü, kozmosu anlamamızda bir dönüm noktası olmuştur, ancak bu görüş Galileo Galilei'ye kadar, neredeyse yirmi yüzyıl boyunca bir kenara bırakılacaktır.

Doğa hakkındaki bazı yorumları oldukça yüksek bir kavrayışa sahip olsa da, antik Yunan dönemine ait görüşlerin çoğu çağımızda geçerli sayılan bilim için yeterli değildi. İlk olarak, Yunanlılar bilimsel yöntemi keşfetmemiş olduklarından kuramlarını deneysel olarak doğrulamak amacıyla geliştirmemişlerdi. Dolayısıyla, bir bilgin atomun diğer bir atomla çarpışıncaya kadar düz bir çizgide ilerlediğini öne sürse, diğeri de atomun ancak bir tepegöze çarpıncaya kadar yoluna düz devam ettiğim savunsaydı, aralarındaki tartışmayı sonuçlandırmanın nesnel bir yolu yoktu. Ayrıca insanla fiziksel yasalar arasında net bir ayrım yoktu. MÖ 5. yüzyılda örneğin, Anaksimandros, her şeyin bir ilk cevherden ortaya çıktığını ve "yaptıkları kötülüklerin cezasını ödeme" korkusuyla yeniden ona geri döndüğünü yazar. İonyalı yazar Herakleitos'a (yaklaşık MÖ 35-475) göre güneş, adalet tanrıçası peşinde olduğu için bu şekilde hareket etmektedir. Birkaç yüzyıl sonra, MÖ 3. yüzyılda ortaya çıkan Stoacılar insanların koyduğu yasalarla doğa yasaları arasında ayrım yaptılar, ancak insanın davranışına ait bazı yasaların evrensel olduğunu düşünerek -Tanrı'ya saygı duymak, anne babaya itaat etmek gibi- bunları doğa yasaları arasına eklediler. Diğer yandan, genellikle fiziksel süreçleri yasal terimlerle tanımladılar ve bunlar için yaptırımın gerekli olduğuna inandılar; cansız nesnelerin bile yasalara "itaat etmesi" gerekiyordu. İnsanların trafik kurallarına uymasını sağlamanın zor olduğunu düşünüyorsanız eğer, bir

asteroidi bir elips üzerinde hareket etmesi için ikna etmeye çalıştığınızı hayal edin bir de.

Bu gelenek, yüzyıllar boyunca Yunanlıları izleyen pek çok düşünürü de etkiledi. 13. yüzyılın başında ilk Hıristiyan filozoflardan olan Aquino'lu Aziz Tommaso (1225-1274) bu görüşü benimseyerek Tanrı'nın varlığının ispatı için kullandı: "Cansız nesnelerin sonlarına tesadüfen değil, kasıtlı olarak ulaştığı açıktır... Bu nedenle, doğadaki her şeyin bir sonu olmasını buyuran akıllı bir varlık mevcuttur." Hatta 16. yüzyıl gibi geç bir tarihte bile büyük Alman astronomu Kepler (1571-1630), gezegenlerin duyuma sahip olduklarına, "zihinleriyle" kavradıkları hareket yasalarına bilinçli olarak uyduklarına inanıyordu.

Doğanın yasalarına kasıtlı olarak uyulması gerektiği düşüncesi, eskilerin doğanın *nasıl* böyle davrandığına değil, *niçin* böyle davrandığına odaklandıklarını gösteriyor. Bu düşüncenin önde gelen savunucularından olan Aristoteles, bilimin ilke olarak gözlemlere dayandığı düşüncesini reddetmiştir. Antik çağlarda kesin ölçümler ve matematiksel hesaplar yapmak her bakımdan zordu. Aritmetik için çok ikna edici bulduğumuz on rakamlı sistem ancak MS 700'lü yıllarda, bu konuda dev adımlar atan Hindular sayesinde bulunmuştur. Toplama ve çıkartma için kullanılan kısaltmalar için ise 15. yüzyılı beklememiz gerekti. Eşittir işareti, zamanı saniyesine kadar ölçen saatler 16. yüzyıldan önce mevcut değildi.

Yine de, Aristoteles niceliksel öngörüler üreten bir fizik anlayışı geliştirmek için ölçüm ve hesaplamaları bir engel olarak görmedi. Tersine onlara hiç ihtiyaç duymadı. Aristoteles kendi fizik anlayışını entelektüel anlamda uygun bulduğu ilkeler üzerine oturttu. Uygun bulmadığı gerçekleri örtbas etti, çabalarını şeylerin oluş nedenlerine yoğunlaştırdı, gerçekten ne olduğu konusuna ise pek az enerji harcadı. Ancak düşünceleri ile gözlemler arasındaki çelişkiler çok açık ve göz ardı edilemez olduğunda onları yeniden uyarladı. Yalnız bu uyarlamalar çelişkilerin üzerini ancak örten geçici açıklamalardan ibaretti. Kuramı gerçeklikten ne kadar sapmış olursa olsun, onu daima çelişkiyi ortadan kaldırmaya yetecek kadar değiştirebiliyordu. Örneğin, onun hareket kuramına göre ağır cisimler ağırlıklarıyla orantılı olan sabit bir hızla düşerler. Nesnelerin düşerken hızlarının arttığı gerçeğini açıklamak için yeni bir ilke icat etti -doğal durma noktalarına yaklaşan nesneler daha bir coşkuyla ilerler ve bu yüzden

hızları artar; bu ilke günümüzde cansız nesnelerden çok bazı insanlar için daha uygunmuş gibi görünüyor. Aristoteles'in kuramları genel olarak çok az öngörü değeri taşısa da, bilime yaklaşımı Batılı düşünceyi yaklaşık iki bin yıl boyunca egemenliği altına aldı.

Yunanlıların Hıristiyan ardılları, evrenin onlara ilgisiz kalan doğa yasaları tarafından yönetildiği görüşünü reddettiler. Ayrıca insanların bu evrenin merkezinde ayrıcalıklı bir yere sahip olmadığı düşüncesini de reddettiler. Ortaçağda tutarlı bir felsefe sistemi olmasa da genel eğilim evrenin Tanrı'nın oyun alanı olduğu yönündeydi ve doğal fenomenler yerine din üzerine çalışmak çok daha değerli görülüyordu. Gerçekten de 1277'de, Paris Piskoposu Tempier, XXI. Papa Johannes'in talimatları üzerine harekete geçerek 219 maddelik bir lanetlenecek günahlar veya sapkınlıklar listesi yayınladı. Sapkınlıklar arasında doğanın yasalarının bulunduğu düşüncesi de vardı, çünkü bu düşünce Tanrı'nın kadiri mutlak oluşuna aykırıydı. Birkaç ay sonra sarayının tavanı üzerine çöktüğünde Papa Johannes'in yerçekimi yasası yüzünden ölmesi ilginçtir.

Doğanın yasaları kavramı 17. yüzyılda ortaya çıkmıştır. Daha önce belirttiğimiz gibi, fiziksel nesnelere ilişkin animist bir görüşe sahip olmasına karşın, bu fikri modern bilim anlamında ilk kavrayan Kepler olmuştur. Galilei (1564-1642) en bilimsel çalışmalarında "yasa" sözcüğünü kullanmamıştır (ancak çalışmalarının bazı çevirilerinde "yasa" sözcüğüne rastlanır). Bu sözcüğü kullanmış olsun ya da olmasın Galilei pek çok yasanın açığa çıkmasını sağlamış, bilimin temelinin gözleme dayandığını ve bilimin amacının da fiziksel fenomenler arasında var olan nicel ilişkilerin araştırılması olduğunu savunmuştur. Ancak doğa yasaları kavramını bugün anladığımız haliyle açık ve ayrıntılı bir biçimde formüle eden ilk kişi René Descartes (1596-1650) olmuştur.



"Uzun saltanatım sırasında öğrendiğim bir şey varsa, o da sıcaklığın arttığıdır."

Descartes, bütün fiziksel fenomenlerin -Newton'ın ünlü hareket yasalarının öncüleri olan- üç yasanın yönettiği devinen kütlelerin çarpışmalarına dayanarak açıklanması gerektiğine inanıyordu. Bu doğa yasalarının her yerde ve her zaman geçerli olduklarını ileri sürdü ve bu yasalara uyulmasının devinen kütlelerin zihinleri olduğu anlamına gelmediğini açıkça belirtti. Ayrıca Descartes, günümüzde "başlangıç koşulları" dediğimiz konunun önemini de anlamıştı. Başlangıç koşulları; bir sistemin, hakkında öngörüde bulunulan herhangi bir zaman aralığının başlangıcındaki durumunu tanımlar. Doğa yasaları, verili bir dizi başlangıç koşuluyla bir sistemin zaman içerisinde nasıl gelişeceğini tayin eder, ancak belirli bir başlangıç koşulları dizisi olmaksızın gelişim tanımlanamaz. Örneğin sıfır zamanda tam üstümüzdeki bir güvercin pislemiş olsun; o düşen nesnenin yolu Newton yasalarınca belirlenir. Ancak güvercinin sıfır zamanda bir telefon teli üzerinde kımıldamadan duruyor ya da saatte yirmi mil hızla uçuyor oluşuna bağlı olarak, ortaya çıkan sonuçlar çok farklı olacaktır. Fizik yasalarını uygulayabilmek için, bir sistemin nasıl başladığı veya en azından belirli bir zamandaki durumunu bilinmelidir. (Bu yasalar bir sistemi zaman içerisinde geriye doğru izlemek için de kullanılabilir.)

Doğa yasalarının varlığına duyulan inancın tazelenmesiyle, bu yasaları Tanrı kavramıyla uzlaştırmaya yönelik yeni girişimler de boy gösterdi. Descartes'a göre Tanrı isterse etik önermelerin veya matematiksel kuramların doğruluğunu veya yanlışlığını değiştirebilir, ama doğayı değiştiremezdi. Doğa yasalarını Tanrı'nın emrettiğine inanıyordu, ancak Tanrı'nın bu yasalardan başka seçeneği yoktu; onları seçmişti, çünkü sadece bu yasalar mümkündü. Bu anlayış Tanrı'nın otoritesini çiğnemek olarak görülebilirdi, ancak Descartes bu yasaların Tanrı'nın kendi öz doğasının yansımaları olduğunu, bu yüzden değiştirilemez olduğunu söyleyerek bundan kurtulmanın yolunu bulmuştu. Bu doğruysa Tanrı'nın, her biri farklı başlangıç koşullarına karşılık gelen birbirinden çok farklı dünyalar yaratma şansına sahip olduğu düşünülebilir. Ancak Descartes bunu da yadsır. Ona göre, evrenin başlangıcında nasıl bir düzenleme olursa olsun, zaman içerisinde tıpkı bizimkine benzeyen bir dünya ortaya

çıkacaktır. Dahası Descartes'a göre Tanrı dünyayı bir kez yaratıp düzene soktuktan sonra tamamen kendi başına bırakmıştır.

Benzer bir tutum (bazı istisnalar dışında) Isaac Newton (1643- 1727) tarafından da benimsenmiştir. Newton'ın üç hareket yasası, Dünya'nın, Ay'ın ve gezegenlerin yörüngelerini ve gelgit gibi fenomenleri açıklayan çekim yasası modern bilim anlamında yaygın bir kabul görmüştür. Yarattığı az sayıdaki denklem ve onlardan geliştirdiğimiz matematiksel çerçeve günümüzde hâlâ öğretilmekte ve bina çizen bir mimar, araba tasarlayan bir mühendis veya bir roketin Mars'a nasıl gideceğini hesaplayan bir fizikçi tarafından hâlâ kullanılmaktadır. Şair Alexander Pope'un dediği gibi.

> Doğa ve Doğa'nın Yasaları gecenin içinde saklıydı;
> Tanrı *Newton olsun!* dedi ve her şey aydınlandı.

Günümüzde pek çok bilim insanı, bir doğa yasasının gözlenmiş bir düzene dayanan bir kural olduğunu ve temel aldığı mevcut durumun ötesine geçen öngörüler sağladığını söyleyecektir. Örneğin hayatımızın her günü Güneş'in doğudan doğduğunu görürüz ve yasa olarak "Güneş her zaman doğudan doğar" deriz. Bu, Güneş'in doğuşuyla ilgili sınırlı gözlemlerimizin ötesine geçen bir genellemedir ve gelecek için sınanabilir öngörülerde bulunmamızı sağlar. Öte yandan "bu ofisteki bilgisayarlar siyahtır" gibi bir ifade bir doğa yasası değildir, çünkü yalnızca ofisteki bilgisayarlara ilişkindir ve "eğer ofise yeni bir bilgisayar alınacak olursa rengi siyah olacaktır" gibi bir öngörüsü yoktur.

"Doğa yasası" kavramına ilişkin çağdaş anlayışımız filozofların uzun uzadıya tartıştığı bir konudur ve ilk bakışta zannedildiğinden daha incelikli bir meseledir. Örneğin, filozof John W. Carroll "Tüm altın kürelerinin çapı bir milden daha azdır" ifadesiyle "Tüm uranyum-235 kürelerinin çapı bir milden daha azdır" ifadelerini karşılaştırır. Gözlemlerimiz Dünya'da çapı bir milden daha büyük bir altın küre bulunmadığını söyler ve gayet güven içinde hiçbir zaman olmayacağını savunabiliriz. Yine de olamayacağına inanmamız için herhangi bir neden yoktur ve bu nedenle bu ifade bir doğa yasası olarak kabul edilmez. Öte yandan "Tüm uranyum-235 kürelerinin çapı bir milden daha azdır" ifadesini bir doğa yasası olarak düşünebiliriz, çünkü nükleer fizik hakkında bildiklerimize göre, bir uranyum-235

küresinin çapı yaklaşık 16 santimetreden daha fazla büyürse bir nükleer patlamayla kendi kendini yok eder. Dolayısıyla böyle bir kürenin olamayacağını biliriz. (Bir tane yaratmaya çalışmanın iyi bir fikir olmayacağını da biliriz!) Bu önemli bir ayrımdır, çünkü gözlemlediğimiz her genellemenin doğa yasası olarak düşünülemeyeceğini ve çoğu doğa yasasının çok daha büyük, birbirine bağlı yasa sistemlerinin bir parçası olduğunu gösterir.

Çağdaş bilimde doğa yasaları genellikle matematiksel olarak ifade edilir. Kesin ya da yaklaşık olabilirler; ama istisnasız hepsinin -evrensel olarak değilse en azından tam olarak belirlenmiş koşullar altında- gözlemlenmiş olması gereklidir. Örneğin, devinen nesnelerin hızı ışık hızına yakınsa Newton yasalarının değiştirilmesi gerektiğini artık biliyoruz. Yine de, karşılaştığımız hızların ışık hızının çok altında olduğu günlük yaşam koşullarında, en azından çok iyi tahminlerde bulunmamızı sağladıkları için, Newton yasalarını yasa olarak kabul ediyoruz.

Doğa yasalar tarafından yönetiliyorsa, sormamız gereken üç soru var:

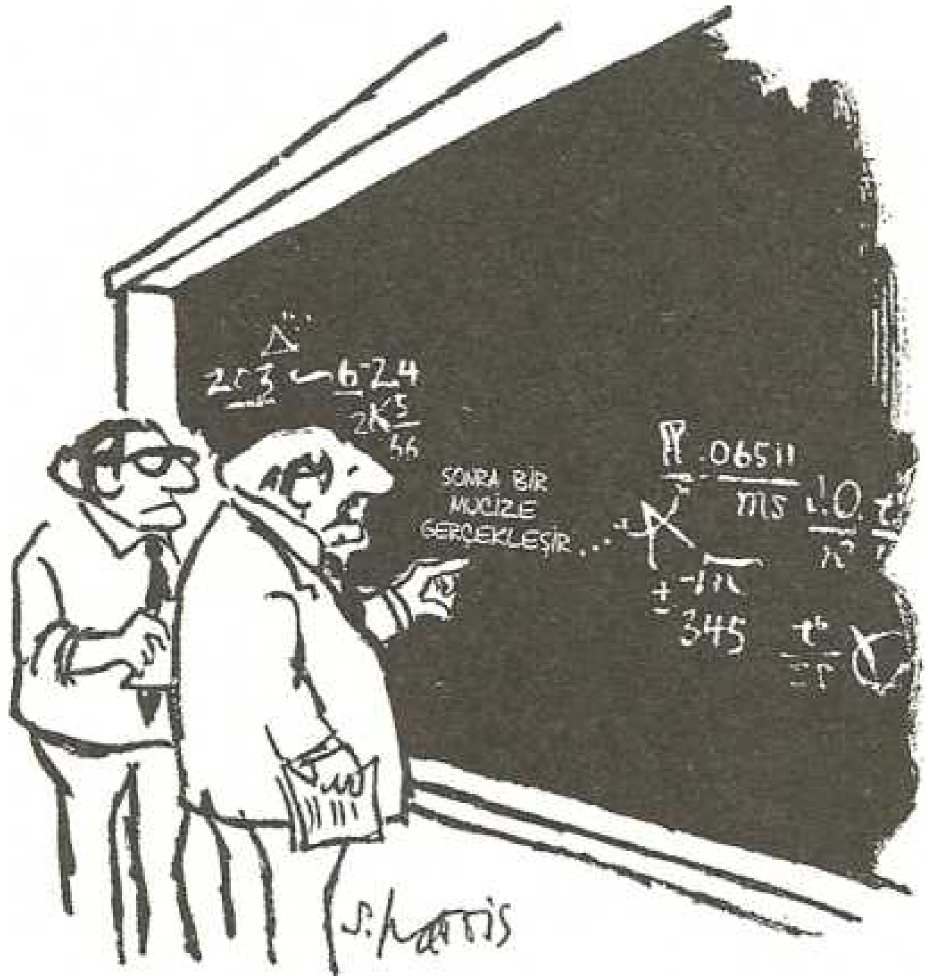
1. Yasaların kaynağı nedir?
2. Yasalarda istisnalar var mıdır, örneğin mucizeler gibi?
3. Sadece bir dizi olası yasa mı vardır?

Bu önemli sorular bilim insanları, filozoflar ve din bilimcileri tarafından farklı biçimlerde dile getirilmiştir. İlk soruya yaygın olarak verilen yanıt -Kepler, Galileo Galilei, Descartes ve Newton'ın yanıtı- yasaların Tanrı'nın işi olduğudur. Ancak bu, Tanrı'yı doğa yasalarının somutlaşması olarak tanımlamaktan başka bir anlam taşımıyor. Eğer Tanrı'ya farklı özellikler atfedilmezse -Eski Ahit'in Tanrısı olmak gibi- Tanrı'yı ilk sorunun yanıtı olarak görmek, bir gizemin yerine başkasını koymak demektir. Dolayısıyla ilk sorunun yanıtına Tanrı dersek, işin asıl zor yanı ikinci soruyla ortaya çıkar: Yasalarda mucizeler, istisnalar var mıdır?

İkinci sorunun yanıtı hakkındaki görüşler kesin bir şekilde ayrılmıştır. Eski Yunan'ın en etkili iki yazarı Platon ve Aristoteles, yasalarda asla istisna olmayacağını savunur. Ancak Kitabı Mukaddes'in bakış açısına göre Tanrı yasaları yaratmakla kalmaz, ona yakarıldığında istisnalar da yaratabilir -ölümcül hastalıkları iyileştirmek, kuraklığa son vermek, kroketi

olimpik spor olarak kabul etmek gibi. Descartes'ın görüşlerinin tersine, neredeyse tüm Hıristiyan düşünürler Tanrı'nın mucize yaratmak için yasaları askıya almaya muktedir olması gerektiğini savunurlar. Newton bile bu türden mucizelere inanırdı. Bir gezegenin çekim gücünün diğer gezegenin yörüngesi üzerinde bozulma yaratmasından ötürü gezegenlerin yörüngelerinin kararsız olduğunu, bu kararsızlığın zamanla büyüyerek gezegenlerin ya Güneş'e düşmelerine ya da Güneş sisteminden kopup gitmelerine yol açacağını düşünüyordu. Tanrı'nın yörüngeleri sürekli ayarladığına ya da "durmaması için göksel saati kurduğuna" inanıyordu. Ancak Laplace Markisi Pierre-Simon (1749-1827) -Laplace olarak bilinir- gezegenlerin hareketlerindeki düzensizliğin dönemsel olduğunu, yani birikerek değil tekrarlanan döngüler halinde gerçekleştiğini ileri sürdü. Böylece Güneş sistemi kendini yeniden ayarlıyordu ve Güneş sisteminin günümüze kadar gelebilmesini açıklayabilmek için bir ilahi müdahale aramaya gerek yoktu.

Bilimsel determinizmi ilk kez açık bir biçimde ortaya koyan ismin Laplace olduğu kabul edilir: Evrenin belirli bir zamandaki verili durumunda, eksiksiz bir yasalar dizisi onun hem geleceğini hem de geçmişini tam olarak belirleyebilir. Bu durum, bir mucize olasılığını veya Tanrı'nın oynayacağı etkin bir rolü dışlar. Laplace'ın formüle ettiği bilimsel determinizm ikinci soruya çağdaş bilim insanının verdiği yanıttır. Aslında bu, bütün çağdaş bilim için temel bir dayanak ve bu kitabın başından sonuna dek önemini koruyacak bir ilkedir. Bilimsel bir yasa, sadece doğaüstü bir varlığın müdahale etmemeye karar verdiği durumlarda geçerli olacaksa, bilimsel bir yasa değildir. Bunu fark eden Napoléon, Laplace'a Tanrı'nın bu resmin neresinde olduğunu sorar. Laplace'ın yanıtı, "Efendim, o varsayıma ihtiyacım olmadı" olur.


SONRA BİR
MUCİZE
GERÇEKLEŞİR...
S. Harris

'Sanırım şurada, ikinci aşamada daha açıklayıcı olmalısın."

İnsanlar evrende yaşadıkları ve onun içindeki diğer nesnelerle etkileşim içinde olduğuna göre, bilimsel determinizm insanlar için de geçerlidir. Pek çok kişi bilimsel determinizmin fiziksel süreçleri yönettiğini kabul ederken, insan davranışlarını bundan ayrı tutar, çünkü bizim özgür iredemiz olduğuna inanırlar. Örneğin Descartes, özgür irade düşüncesini koruyabilmek için insan zihninin fiziksel dünyadan farklı olduğunu ve onun yasalarına tabi olmadığını ileri sürmüştür. Onun bakış açısına göre bir insan iki unsurdan oluşur: Beden ve ruh. Beden sıradan bir makineden başka bir şey değildir, ama ruh bilimsel yasanın hükmü dışındadır. Descartes anatomi ve fizyoloji ile çok ilgilendi ve beynin merkezinde bulunan ve epifiz bezi denilen küçücük organı ruhun bulunduğu yer olarak kabul etti. Onun inanışına göre epifiz bezi bütün düşüncelerimizin oluştuğu yerdi ve özgür irademizin kaynağıydı.

İnsanlar özgür iradeye sahip midir? Özgür irademiz varsa, evrim ağacının neresinde ortaya çıkmıştır? Mavi-yeşil alglerin veya bakterilerin özgür iradeleri var mıdır, yoksa hareketleri otomatik olup bilimsel yasalar dahilinde midir? Yalnızca çok hücreli organizmalar mı özgür iradeye sahip, yoksa yalnızca memeliler mi? Bir şempanzenin bir muzu hatır hutur yemesi veya bir kedinin kanepenizi tırmıklaması durumunda, özgür iradelerini kullandıklarını düşünebiliriz. Peki yalnızca 959 hücreden oluşan ve adı *Caenorhabditis elegans* olan ipliksolucan? Muhtemelen asla, “Bu yediğim acayip lezzetli bir bakteriydi, buraya tekrar gelmeliyim” diye düşünmez, yine de yiyecek konusunda onun da belirli tercihleri vardır ve bir önceki deneyimine göre ya tatsız bir yemeğe razı olacak ya da daha iyi bir şey bulmak için arayışını sürdürecektir. Bu özgür irade anlamına mı gelmektedir?

Yapmak istediğimiz şeyi seçebileceğimizi düşünüyor olsak da, moleküler biyolojiden anladığımıza göre biyolojik süreçler fizik ve kimya yasaları tarafından yönetiliyor ve bu yüzden gezegenlerin yörüngeleri kadar belirlenmiş süreçler. Nörolojik bilimlerde yapılan son araştırmalar, eylemlerimizin fizik yasalarına riayet eden beynimiz tarafından belirlendiği

görüşünü destekliyor; bu yasalardan bağımsız bir unsur tarafından değil. Örneğin uyanık hastalara yapılan beyin ameliyatlarına ilişkin bir araştırma, beynin gerekli bölgeleri elektriksel olarak uyarıldığında hastada elini, kolunu, ayağını oynatma veya dudaklarını kımıldatma ve konuşma arzusu uyandırılabildiğini ortaya çıkardı. Eğer davranışlarımız fiziksel yasalar tarafından belirleniyorsa özgür iradenin nasıl iş görebildiğini anlamak oldukça zor; öyle görünüyor ki biz yalnızca biyolojik makineleriz ve özgür irade bir yanılsamadan ibaret.

İnsan davranışının gerçekte doğa yasaları tarafından belirlendiği düşüncesine teslim olduğumuzda, sonuçların karmaşık bir yolla ve çok fazla değişkenle belirlenmesinin, onları öngörmeyi pratikte olanaksız kıldığı yargısına varmak da akla uygun olacaktır. Bu nedenle, bir öngörüde bulunabilmek için insan bedenindeki trilyonlarca trilyon molekülün her birinin başlangıç koşullarının bilinmesi ve bir o kadar denklemin çözülmesi gerekirdi. Bu da birkaç milyar yıl alırdı ki, karşımızdaki şahsın atacağı yumruktan kaçmak için bir parça geç kalabilirdik.

İnsan davranışını öngörmek için fizik yasalarını kullanmak pratikte mümkün olmadığı için etkin kuram dediğimiz bir yol geliştirdik. Fizikte bir etkin kuram, gözlemlenmiş belirli bir fenomeni altta yatan tüm süreçleri ayrıntılı olarak tanımlamadan modellemek için yaratılmış bir çerçevedir. Örneğin, bir insanın bedenindeki her atomla yeryüzündeki her atom arasındaki çekimsel etkileşimi yöneten denklemleri tam olarak çözmemiz mümkün değildir. Ancak tüm pratik nedenlerden ötürü, bir insanla yeryüzü arasındaki çekimsel gücü, insanın toplam kütlesi gibi birkaç sayı ile tanımlanabilir. Aynı şekilde, karmaşık atom ve moleküllerin hareketlerini yöneten denklemleri çözemiyoruz; ama adına kimya denilen bir etkin kuram geliştirdik ve etkileşimlerin bütün ayrıntılarına açıklama getirmeden kimyasal tepkimelerde atomların ve moleküllerin nasıl hareket ettiğini uygun bir şekilde ortaya koyabiliyoruz. İnsanlar söz konusu olduğunda, davranışlarımızı belirleyen denklemleri çözemediğimiz için, özgür iradeyi bir etkin kuram olarak kullanıyoruz. İrademiz ve ondan kaynaklanan davranışımızı inceleyen bilim, psikolojidir. Ekonomi de, özgür irade düşüncesinin yanı sıra insanların olası eylem rotalarını değerlendirip en iyisini seçtikleri varsayımına dayanan bir etkin kuramdır. Bu etkin kuram davranış öngörüsünde sadece kısmen başarılı, çünkü hepimizin bildiği gibi, verilen kararlar genellikle akılcı değil ya da seçimlerin sonuçlarına ilişkin

kusurlu çözümlemelere dayanıyorlar. Dünyanın böyle bir karmaşa içinde olmasının nedeni budur.

Üçüncü soru hem evrenin hem de insanın davranışlarını belirleyen yasaların eşsizliği ile ilgili. Birinci soruyu yasaları Tanrı yaratmıştır diye yanıtladıysanız, üçüncü soru Tanrı bu yasaları istediği gibi seçebildi mi diye sormaktadır. Hem Aristoteles hem de Platon -Descartes ve daha sonra Einstein gibi- doğanın ilkelerinin "ihtiyaç" nedeniyle var olduklarına inanmışlardı, çünkü sadece bu kuralların mantıki bir anlamı vardı. Doğa yasalarının kaynağının mantığın içinde olduğuna inanan Aristoteles ve takipçileri, bu yasaların doğanın gerçekte nasıl işlediğini çok dikkate almadan "türetilebileceğini" düşünüyorlardı. Bu düşünce ve yasaların ne olduğu yerine nesnelerin neden yasaları izlediği konusuna odaklanması, Aristoteles'i çoğunlukla nitel; sıklıkla yanlış ve pek de kullanışlı olmayan yasalara yöneltti ve bu yasalar bilimsel düşünceye asırlarca hükmetti. Epeyce sonra Galilei gibi insanlar Aristoteles'in otoritesine karşı çıkma cesaretini gösterdiler ve saf "aklın" olması gerektiğini söylediği şeyleri izlemek yerine doğanın gerçekten nasıl işlediğini gözlemlediler.

Bu kitap, ikinci soruya doğa yasalarında mucize veya istisna yoktur yanıtını veren bilimsel determinizmi temel alır. Yine de birinci ve üçüncü soruya; yasaların nasıl ortaya çıktığı ve onlardan başka olası yasa olup olmadığı konularına ayrıntılarıyla değineceğiz. Ancak öncelikle bir sonraki bölümde, doğa yasalarının neyi açıkladığını göreceğiz. Çoğu bilim insanı yasaların, kendisini gözlemleyenden bağımsız olarak var olan dışsal gerçekliğin matematik yansımaları olduklarını söyleyecektir. Çevremizdekiler hakkında gözlemlerimiz ve oluşturduğumuz kavramları tartışırken tosladığımız bir başka soru var: Nesnel bir gerçekliğin var olduğuna inanmak için gerçekten bir nedenimiz var mı?


20c

3

Gerçeklik nedir?

Birkaç yıl önce İtalya, Monza'da belediye meclisi Japon balıklarının yuvarlak akvaryumlarda tutulmasını yasakladı. Yapılan açıklamaya göre balığı yuvarlak kenarlı bir akvaryumda tutmak zalimlikti, çünkü yuvarlak cam balığa bozulmuş bir gerçeklik görüntüsü sunuyordu. Peki, biz gerçekliğin doğru ve bozulmamış resmine bakıp bakmadığımızı nasıl bileceğiz? Biz de görüşümüzü bozan dev bir yuvarlak akvaryumun içinde olabilir miyiz? Japon balığının gerçeklik algısı bizimkinden farklıdır ama bizimkinin daha gerçek olduğundan emin miyiz?

Japon balığının gerçeklik algısı bizimki ile aynı değildir, yine de, Japon balığı gözlemleyerek akvaryumun dışındaki nesnelerin devinimlerini yöneten bilimsel yasaları formüle edebilir. Örneğin, bizim düz bir çizgide özgürce devindiğini gördüğümüz nesne, bozunum nedeniyle balık tarafından eğik bir çizgide hareket ediyormuş gibi gözlemlenebilir. Buna rağmen Japon balığının bozulmuş referans çerçevesinde formüle ettiği bilimsel yasalar her zaman doğru olacaktır ve akvaryumun dışındaki nesnelerin gelecekteki hareketlerini öngörmesini olanaklı kılacaktır. Onun yasaları, bizim çerçevemiz içindeki yasalardan daha karmaşık olabilir, ama basitlik bir tercih meselesidir. Japon balığı böyle bir kuram formüle ederse, onun bakış açısını gerçekliğin resmi olarak kabul etmemiz gerekir.

Gerçekliğin farklı resimlerinin ünlü bir örneği MS 150 yıllarında Ptolemaios (yak. 85-165) tarafından, gökcisimlerinin devinimlerini tanımlamak için gerçekleştirilmiş bir modeldir. Ptolemaios'un on üç kitaplık bir inceleme olarak yayınladığı çalışması, genellikle Arapça başlığı olan *Almagest* (*El-Mecisti*) adıyla bilinir.



Ptolemaios evreni Ptolemaios'a göre biz evrenin merkezindeydik.

Almagest Dünya’nın küresel, devinimsiz, evrenin merkezinde konumlandırılmış ve uzaktaki gökcisimleriyle karşılaştırıldığında önemsenmeyecek kadar küçük olduğunu düşünmenin nedenlerini açıklayarak başlar. Aristarkhos’un Güneş merkezli evrenine rağmen bu inanç, mistik nedenlerden ötürü Dünya’nın evrenin merkezinde olması gerektiğini düşünen Aristoteles zamanından beri çoğu eğitimli Yunanlı tarafından kabul görmüştür. Ptolemaios’un modelinde Dünya merkezde kımıldamadan durur, bütün gezegenler ve yıldızlar Dünya’nın etrafında karmaşık yörüngeler üzerinde, iç içe geçmiş çarklar gibi, dönerler.

Bu model bize doğal görünür, çünkü ayaklarımızın altındaki yeryüzünün hareket ettiğini hissetmeyiz (depremler ve tutku dolu anlar dışında). Daha sonra Avrupa’da bilim kendisine miras kalan Yunan kaynaklarını esas aldı ve böylece Aristoteles ve Ptolemaios’un görüşleri Batı düşüncesinin büyük kısmına temel teşkil etti. Ptolemaios’un kozmos modeli Katolik Kilisesi tarafından benimsendi ve on dört yüzyıl boyunca resmi doktrinleri oldu. Ancak 1543’e gelindiğinde Kopernik *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (Göksel Kürelerin Dönüşleri Üzerine) adlı kitabında farklı bir model sundu ve bu kitap ancak onun öldüğü yıl basılabildi (ki bu kuramı üzerinde onlarca yıl çalışmıştı.)

Kopernik, Aristarkhos’un ondan on yedi yüzyıl önce yaptığı gibi, Güneş’in merkezde hareketsiz durduğu ve gezegenlerin onun etrafında dairesel yörüngeler üzerinde döndüğü bir Dünya tanımladı. Bu düşünce yeni olmamasına rağmen yeniden uyanışı şiddetli bir direnişle karşılandı. Kopernik sistemi, gezegenlerin Dünya’nın etrafında döndüğünü söylediği düşünülen Kitabı Mukaddes’e karşı olarak görüldü; kaldı ki bu görüş Kitabı Mukaddes’te asla açık olarak yer almaz. Aslında, Kitabı Mukaddesin yazıldığı zamanlarda insanlar Dünya’nın düz olduğuna inanıyorlardı. Kopernik sistemi Dünya’nın dönüp dönmediği konusunda hiddetli bir tartışmaya neden oldu ve bu tartışma, onun görüşünü savunduğu ve “Bir düşünce Kutsal Kitap’a aykırı olarak tanımlanmış olsa bile, bir olasılık olarak savunulabilir” dediği için Galilei’nin 1633’te sapkınlıktan yargılanmasıyla doruğa ulaştı. Suçlu bulundu, hayatı boyunca

ev hapsine mahkûm edildi ve sözlerini geri almaya zorlandı. Onun *“Eppur si muove”* (Yine de dönüyor) diye mırıldandığı söylenir. 1992’de Roma Katolik Kilisesi Galilei’yi lanetlemenin yanlış olduğunu nihayet kabul etti.

Öyleyse hangisi gerçek, Ptolemaios sistemi mi yoksa Kopernik sistemi mi? Kopernik’in Ptolemaios’un yanıldığını kanıtladığını düşünenler az olmasa da, bu doğru değil. Bizim normal bakış açımız balığın bakış açısıyla karşılaştırıldığında her iki görüntünün de evrenin modeli olarak kullanılabilmesi gibi; bizim gökyüzü gözlemlerimiz de ister Dünya’nın ister Güneş’in hareketsiz olduğu varsayılarak açıklanabilir. Evrenimizin doğası üzerine yapılan felsefi tartışmalarda üstlendiği role rağmen Kopernik sisteminin asıl üstünlüğü, Güneş’in hareketsiz olarak kabul edildiği referans çerçevesinde hareket denklemlerinin daha yalın olmasıdır.

Bilimkurgu filmi *Matrix*'te farklı bir gerçeklik seçeneği sunulur; insan ırkı akıllı bilgisayarlar tarafından yaratılmış sanal bir gerçeklik içinde olduğunu bilmeden yaşarken, bilgisayarlar onların biyoelektrik enerjilerini (bu her ne demek ise) emerler. Belki de bu çok zorlama bir senaryo değildir, çünkü pek çok insan *Second, Life* gibi web sayfalarında yaratılmış sanal gerçeklikte oyalanarak geçirir zamanının çoğunu. Bilgisayarlar tarafından yaratılmış bir pembe dizinin karakterlerinden biri olmadığımızı nasıl bileceğiz? Yapay ve hayali bir dünyada yaşasaydık, olayların mantıklı ve tutarlı olması veya herhangi bir yasaya uyması gerekmeyecekti. Gücü elinde tutan uzaylılar, örneğin, dolunay aniden ikiye bölündüğünde veya diyet yapan herkes birdenbire deli gibi muzlu pasta yemek istediğinde insanların göstereceği tepkileri çok ilginç veya eğlenceli bulabilirdi. Uzaylıların tutarlı yasalar uygulamaları durumunda bizim sanal olanın ötesinde bir başka gerçeklik olduğunu anlamamızın hiçbir yolu olmazdı. Uzaylıların içinde yaşadığı dünyayı “gerçek”, sanal dünyayı da “sahte” olarak nitelendirmek kolay olurdu. Ancak, sanal dünyada yaşayan varlıklar kendi dünyalarını dışarıdan göremiyorlarsa -tıpkı bizim gibi- kendi gerçeklik resimlerinden kuşkulanmaları için hiçbir neden yoktur. Bu, her birimizin bir başkasının rüyasına ait birer hayal oluğunu söyleyen düşüncenin çağdaş uyarlamasıdır.

Bu örnekler bizi bu kitap için önemli olan bir sonuca götürüyor: *Görünenden veya kuramdan bağımsız bir gerçeklik kavramı yoktur.* Biz modele dayalı gerçeklik dediğimiz bir görüşü kabul edeceğiz;

buna göre bir fizik kuramı -genellikle matematiksel bir doğası olan- bir modeldir ve aynı zamanda modelin unsurlarını gözlemle bağdaştıran bir kurallar dizisidir. Bu görüş, bize çağdaş bilimi yorumlayabileceğimiz bir çerçeve sağlar.

Felsefeciler, Platon'dan bu yana yıllar boyunca gerçekliğin doğası üzerine tartıştılar. Klasik bilim, özellikleri belirli gerçek bir dış dünyanın var olduğu ve bu özelliklerin gözlemleyenin algısından bağımsız olduğu inancına dayanır. Klasik bilime göre, belirli nesneler vardır ve bunlar hız ve kütle gibi, değerleri iyi tanımlanmış fiziksel özelliklere sahiptir. Bu bakış açısına göre kuramlarımız bu nesneleri ve özelliklerini açıklama girişimleridir, ölçümlerimiz ve algılarımız da onlara karşılık gelir. Hem gözlemci hem de gözlemlenen, nesnel bir varlığı olan bir dünyanın parçasıdır ve onların arasındaki ayrım özel bir önem taşımaz. Bir başka deyişle, park alanındaki bir yer için kavga eden bir zebra sürüsü gördüğünüzde, orada gerçekten park alanındaki bir yer için kavga eden bir zebra sürüsü var demektir. Bunu izleyen bütün gözlemciler aynı niteliklerin ölçümlerini yapacaktır ve kendilerini gözlemleyen olsun ya da olmasın, zebra sürüsü bu niteliklere sahip olacaktır. Felsefede bu inanca gerçekçilik denir.

Gerçekçilik çekici bir bakış açısı olarak görünse de, çağdaş fizik hakkında bildiklerimiz bu görüşü savunmamızı oldukça güçleştiriyor. Örneğin, doğanın kesin bir tanımlamasını veren kuantum fiziğinin ilkelerine göre, bir parçacığın nicelikleri bir gözlemci tarafından ölçülünceye kadar ne belirli bir konumu vardır ne de belirli bir hızı.


BU BİR KAYITTIR.
"BENİ RAHATSIZ ETME. BEN BİR HOLOGRAMIM."
S. Harris

Bu nedenle yapılan ölçümlerin kesin bir sonuç vereceğini söylemek doğru *değildir,* çünkü ölçülmüş olan nicelik, sadece ölçüm anındaki değeri gösterir. Aslında bazı durumlarda nesnelerin kendi başlarına bir varlıkları dahi yoktur, yalnızca bir topluluğun parçası olarak vardırlar. Ve eğer holografik ilke dediğimiz kuram doğruysa, biz ve bizim dört boyutlu dünyamız çok daha büyük, beş boyutlu uzay-zamanın sınırında bir gölge olabilir. Bu durumda bizim evrendeki konumumuz, Japon balığınınkiyle benzerdir.

Katı gerçekçilere göre, gerçekliği temsil eden bilimsel kuramların kanıtı onların başarılarında gizlidir. Ancak farklı kuramlar, aynı fenomeni bambaşka kavramsal çerçeveler kullanarak başarıyla tanımlayabilir. Aslında, başarılı olduğu kanıtlanmış pek çok kuram yerini gerçekliğin tümüyle yeni kavramlarını temel alan aynı ölçüde başarılı başka kuramlara bırakmıştır.

Yaygın olarak, gerçekçiliği kabul etmeyenlere gerçekçilik karşıtı denilmiştir. Gerçekçilik karşıtları deneysel bilgi ile kuramsal bilgi arasında ayrım olduğunu varsayarlar. Tipik olarak gözlem ve deneyimin anlamlı olduğunu, ancak kuramların yararlı araçlardan başka bir şey olmadığını ve gözlemlenen fenomene dair daha derin bir hakikati temsil etmediğini savunurlar. Hatta bazı gerçekçilik karşıtları bilimin gözlemlenebilir şeylerle sınırlanmasını istemiştir. Bu nedenle 19. yüzyılda pek çok kişi, görmemizin asla mümkün olmadığını gerekçe göstererek atomların varlığını reddetmiştir. Hatta George Berkeley (1685-1753) zihinden ve onun fikirlerinden başka bir şeyin var olmadığını iddia edecek kadar ileri gitmiştir. İngiliz yazar ve sözlükbilimci Dr. Samuel Johnson'a (1709-1784) bir arkadaşı Berkeley'in savının çürütülemeyeceğini söylediğinde, Johnson'un gidip büyük bir kayaya tekme attığı ve "İşte böyle çürütebilirim" dediği anlatılır. Elbette Dr. Johnson'un deneyimlediği acı da kendi zihnindeki bir düşüncedir ki böylece Berkeley'in savını gerçekten çürütmemiştir. Ancak onun bu eylemi, nesnel gerçekliğe inanmak için hiçbir mantıklı temele sahip olmasak da, bu doğruymuş gibi davranmaktan başka seçeneğimizin de olmadığını yazan filozof David Hume'un (1711-1776) bakış açısını yansıtır.

Modele dayalı gerçekçilik, düşüncenin gerçekçi ve karşıt gerçekçi okulları arasındaki bütün bu tartışmaları devre dışı bırakır. Modele dayalı gerçekçiliğe göre, modelin gerçek olup olmadığını sorgulamak anlamsızdır, sadece gözlemle uyuşup uyuşmadığı önem taşır. Gözlemle uyuşan iki modelimiz varsa, Japon balığının gördüğü görüntü ve bizim gördüğümüz görüntü gibi, birinin diğerinden daha gerçek olduğu söylenemez. İncelenmekte olan duruma daha uygun olan hangisi ise o kullanılır.



"İkinizin ortak bir noktası var. Dr. Davis hiç kimsenin görmediği bir parçacık keşfetti. Prof. Higbe de hiç kimsenin görmediği bir galaksi keşfetti."

Örneğin, akvaryumun içindeki biri için Japon balığının gördüğü resim kullanışlı olabilirdi, ama akvaryumun dışındakiler için yeryüzündeki bir akvaryumun çerçevesiyle uzaktaki bir galakside olanları tanımlamak çok sıkıntılı olurdu, özellikle de Dünya Güneş'in ve kendi ekseninin etrafında dönerken akvaryum da onunla devineceği için.

Bilim için modeller yaptığımız gibi, gündelik hayatlarımızda da modeller yaparız. Modele dayalı gerçekçilik sadece bilimsel modellere değil, hepimizin gündelik hayatı anlayabilmek ve yorumlayabilmek için yarattığı zihinsel bilinç ve bilinçaltı modellere de uygulanır. Gözlemciyi -bizi- duyusal süreçlerimiz ile düşünme ve idrak biçimlerimiz tarafından yaratılan dünya algımızdan ayrı tutmanın hiçbir yolu yoktur. Algımız -ve dolayısıyla kuramlarımızın dayanağı olan gözlemlerimiz- doğrudan değildir. Daha ziyade, bir tür mercek tarafından; insan beyninin yorumlayıcı yapısı tarafından şekillendirilir.

Modele dayalı gerçeklik, bizim nesneyi algılayış biçimimizle uyumludur. Görme sürecinde beynimiz optik sinirlerden bir dizi sinyal alır. Bu sinyaller televizyonda gördüklerimize benzer görüntülerden oluşmazlar. Optik sinirin retinaya bağlandığı yerde kör bir nokta vardır ve görmenin gerçekleştiği yer, retinanın merkezinde 1 derecelik bir görüş açısına ve kolunuzu uzatıp baktığınızda başparmağınızın eni kadar bir genişliğe sahip, daracık bir alandır. Yani beyne gönderilen ham veriler, ortasında bir delik bulunan bulanık bir resme benzer. Neyse ki beynimiz her iki gözden gelen girdileri birleştirir, çevrenin görsel özelliklerini de ekleyerek oluşturduğu varsayımla boşlukları doldurur. Dahası retinadan gelen iki boyutlu veriler dizisini okur ve bundan üç boyutlu bir uzay izlenimi yaratır. Bir başka deyişle beyin zihinsel bir resim veya model yaratır.

Beyin model yaratmakta o kadar iyidir ki, insanlar görüntüleri baş aşağı gösteren bir gözlükle baksalar bile, bir süre sonra beyinleri modeli değiştirir ve nesneleri yine doğru şekilde görmelerini sağlar. Daha sonra gözlük çıkarıldığında dünya bir süre baş aşağı görünür ve sonra yine düzelir. Birisi "bir sandalye görüyorum" dediğinde bu sadece, o kişinin sandalyenin yaydığı ışığı sandalyenin zihinsel bir görüntüsünü veya

modelini oluşturmak için kullandığı anlamına gelir. Eğer model baş aşağı ise, biraz şansla, beyin oturmadan önce görüntüyü düzeltecektir.

Modele dayalı gerçekçiliğin çözdüğü veya en azından savuşturduğu bir başka sorun, varoluşun anlamıdır. Odadaki masanın ben dışarı çıktığımda ve onu göremediğimde hâlâ orada olup olmadığını nasıl bilirim? Elektronlar ve kuarklar (proton ve nötronu oluşturduğu söylenen parçacıklar) gibi göremediğimiz şeylerin var olduğunu söylemek ne anlama geliyor?



Katot ışınları Elektronları göremeyiz, ama yarattıkları etkiyi görebiliriz.

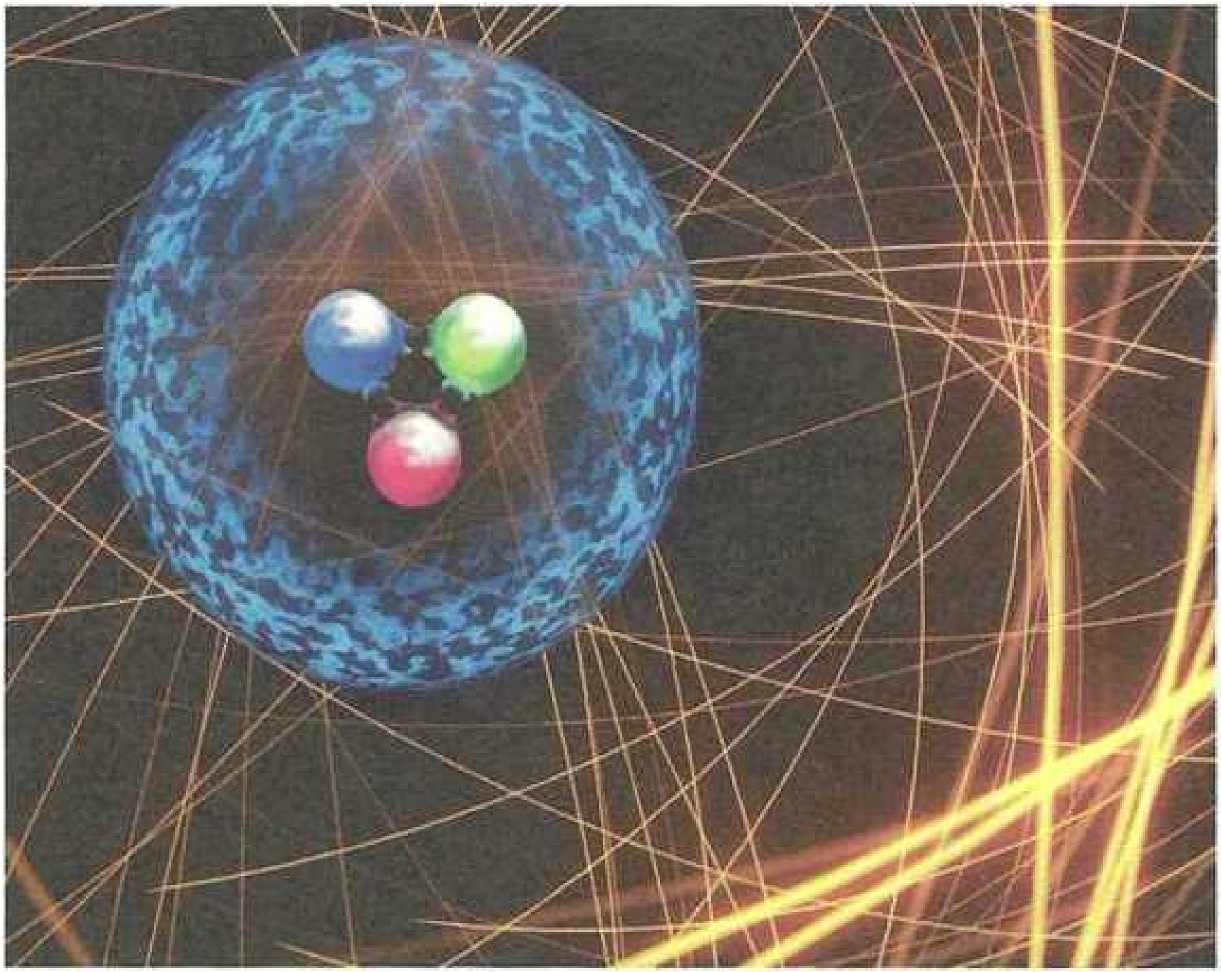
Odayı terk ettiğimizde masanın kaybolduğu ve odaya geri döndüğümüzde aynı konumda yeniden belirdiği bir model oluşturulabilir; ancak bu tuhaf bir model olacaktır. Biz odada yokken bir şey olsa, örneğin tavan çökse ne olur? Odadan çıktığımda masanın kaybolduğunu söyleyen modeli esas alırsam odaya geri döndüğümde tavanın yıkıntısı altında tekrar beliren kırık masayı nasıl açıklayabilirim? Masanın biz odadan çıktığımızda da yerinde kaldığı model daha yalındır ve gözlemlerimizle uyuşur. İstenebilecek olanda budur.

Göremediğimiz atomaltı parçacıklar konusunda elektronlar; bir buhar odasında oluşan izler ve televizyon tüpündeki ışık spotları gibi pek çok fenomeni açıklayan kullanışlı bir model oluşturur. Elektronun İngiliz fizikçi J. J. Thomson tarafından Cambridge Üniversitesi Cavendish Laboratuvarı'nda keşfedildiği söylenir. Boş cam tüplerin içinden elektrik akımları geçirerek katot ışınları olarak bilinen bir fenomen üzerinde deneyler yapıyordu. Deneyleri onu cesur bir sonuca götürdü; gizemli ışınlar, atomun maddi bileşenleri olan çok küçük "zerreciklerden" oluşuyordu ve bu nedenle maddenin temel bölünemez parçacığı olarak düşünülebilirdi. Thomson ne bir elektron "gördü", ne de savunduklarını deneyleriyle doğrudan veya kesin bir şekilde gösterebildi. Ancak onun modeli temel bilimlerden mühendisliğe kadar pek çok uygulamada kritik öneme sahip olduğunu kanıtladı ve siz elektronları göremiyor olsanız da günümüzde bütün fizikçiler onların varlığına inanıyorlar.

Yine görmemiz mümkün olmayan kuarklar, atomun çekirdeğindeki proton ve nötronların özelliklerini açıklamak için kullanılan bir modeldir. Proton ve nötronların kuarklardan oluştuğu söylense de bir kuarkı gözlemlememiz asla mümkün değildir, çünkü kuarklar arasındaki bağlayıcı kuvvet ayrılıkla birlikte büyür, bu nedenle doğada bağımsız, yalıtılmış kuark bulunamaz. Tersine kuarklar her zaman üçlü gruplar halinde[2] (protonlar ve nötronlar) veya kuark ve karşıt kuark çiftleri halinde (pi mezonları) bulunur, lastik bantlarla birbirlerine bağlıymış gibi hareket ederler.

Bir kuarkı asla yalıtamayacak olmamıza rağmen onların gerçekten var olduklarını söylemek, kuark modeli ilk kez ortaya atıldıktan sonraki yıllarda da tartışmalı bir konu olarak kalmıştır. Belirli parçacıkların, çok az sayıdaki çekirdekaltı parçacıkların alt parçacıklarının farklı şekillerde birleşmelerinden meydana geldikleri düşüncesi, bunların özelliklerini basit ve etkileyici biçimde açıklayan düzenleyici bir ilke bulmamızı sağlamıştır. Ancak, fizikçiler parçacıkların dağılımlarına ait verilerin istatistik görüntülerine dayanarak onların var olduklarını kabul etmeye alışkın olsalar da, pek çok fizikçiye, ilkesel olarak gözlemlenemez olan bir parçacığa gerçeklik atfetmek oldukça fazla gelebilirdi. Yine de, yıllar geçip kuark modelinin doğru öngörüleri çoğaldıkça, karşı çıkışlar yavaş yavaş ortadan kalktı. On yedi kollu, gözleri kızılötesi ışınlar saçan ve kulaklarından krema püskürtmeyi âdet edinen kimi uzaylıların da bizimle aynı gözlemleri yapıp, bunları kuarklar olmadan tanımlaması kesinlikle mümkündür. Yine de, modele dayalı gerçekçilikte kuarklar, çekirdekaltı parçacıkların davranışlarıyla ilgili gözlemlerimizle uyuşan bir modelde vardırlar.

Modele dayalı gerçekçilik, eğer dünya belirli bir zaman önce yaratılmışsa, o zamandan önce ne olmuştu gibi soruları tartışmamızı sağlayan bir çerçeve sağlar. İlk Hıristiyan filozoflarından Aziz Augustinus (354-430) bu sorunun yanıtının “Tanrı bu tür sorular soran insanlar için cehennemi hazırlıyordu” olmadığını, zamanın Tanrı’nın yarattığı dünyanın bir özelliği olduğunu ve çok da uzun olmayan bir süre önce gerçekleştiğine inandığı yaratılış öncesinde zamanın var olmadığını söylüyor.



Kuarklar Gözlemlenemeseler de, kuarklar temel fizik kuramlarımızın hayati unsurları arasında yer alır.

Bu, Dünya'nın çok daha yaşlı olduğunu gösteren fosillerin ve diğer kanıtların bulunmasına rağmen (acaba bizi kandırmak için mi konulmuşlar?) Tekvin'de verilen sürenin gerçekten doğru olduğunu ileri sürenlerin rağbet ettiği bir model. Bir de, evrenin 13,7 milyar yıl önce, büyük patlamayla başladığı diğer modelimiz var. Tarihi ve jeolojik kanıtlar da dahil olmak üzere günümüzdeki gözlemlerimizin çoğuyla uyuşan bu model, geçmişe dair en iyi açıklamamız. Bu ikinci model fosilleri ve radyoaktif kayıtları, bizden milyonlarca ışık yılı uzaklıktaki galaksilerin ışığını aldığımız gerçeğini açıklayabilmekte; yani bu model -büyük patlama kuramı- ilkinden çok daha kullanışlı. Yine de, birinin diğerinden daha doğru olduğunu söylemek mümkün değil.

Bazıları, zamanın başlangıcını büyük patlamadan da geriye götüren bir başka modeli destekliyor. Bu modelin şimdiki gözlemleri daha iyi açıklayıp açıklamadığı henüz net değil; çünkü evrenin gelişimine ilişkin yasalar büyük patlama ile işlemez hale gelmiş olabilir gibi görünüyor. Eğer öyleyse, büyük patlamanın öncesindeki zamanı kapsayan bir model yaratmanın anlamı olmaz; çünkü o zaman var olanlar şimdiki zaman için gözlemlenebilir hiçbir sonuç sunmayacaktır. Dolayısıyla evrenin büyük patlamayla yaratılmış olduğu düşüncesine bağlı kalmamamız daha iyi olur.

Bir model şu özelliklere sahipse iyi bir modeldir:

1. Zarifse
2. İçerdiği uyarlanabilir veya keyfi unsurların sayısı azsa
3. Var olan bütün gözlemlerle uyuşup onları açıklayabiliyorsa
4. Doğrulukları kanıtlanmadıkları takdirde modeli çürütecek veya yanlışlayacak gelecekteki gözlemler için ayrıntılı öngörülerde bulunuyorsa

Örneğin, Aristoteles'in kuramında Dünya'yı toprak, hava, ateş ve su olmak üzere dört elementin oluşturması ve nesnelerin kendi amaçlarını yerine getirmek için hareket etmesi çok zarifti ve uyarlanabilir unsurlar da

içermiyordu. Ancak bu kuram pek çok durumda kesin öngörülerde bulunamadı, bulunduğunda ise öngörüleri gözlemlerle uyuşmadı. Bu öngörülerden biri de daha ağır nesnelerin daha hızlı düşeceğiydi, çünkü onların amacı düşmekti. Galilei'ye kadar hiç kimse bu öngörüyü sınamanın önemli olduğunu düşünmemiş gibi görünüyor. Bunu, Pisa Kulesi'nden ağırlıklar atarak sınadığı anlatılır. Belki de bu uydurma bir hikâyedir ancak onun farklı ağırlıkları eğimli bir zeminden aşağı yuvarladığını ve Aristoteles'in öngörüsünün tersine hepsinin aynı oranda hızlandıklarını gözlemlediğini biliyoruz.

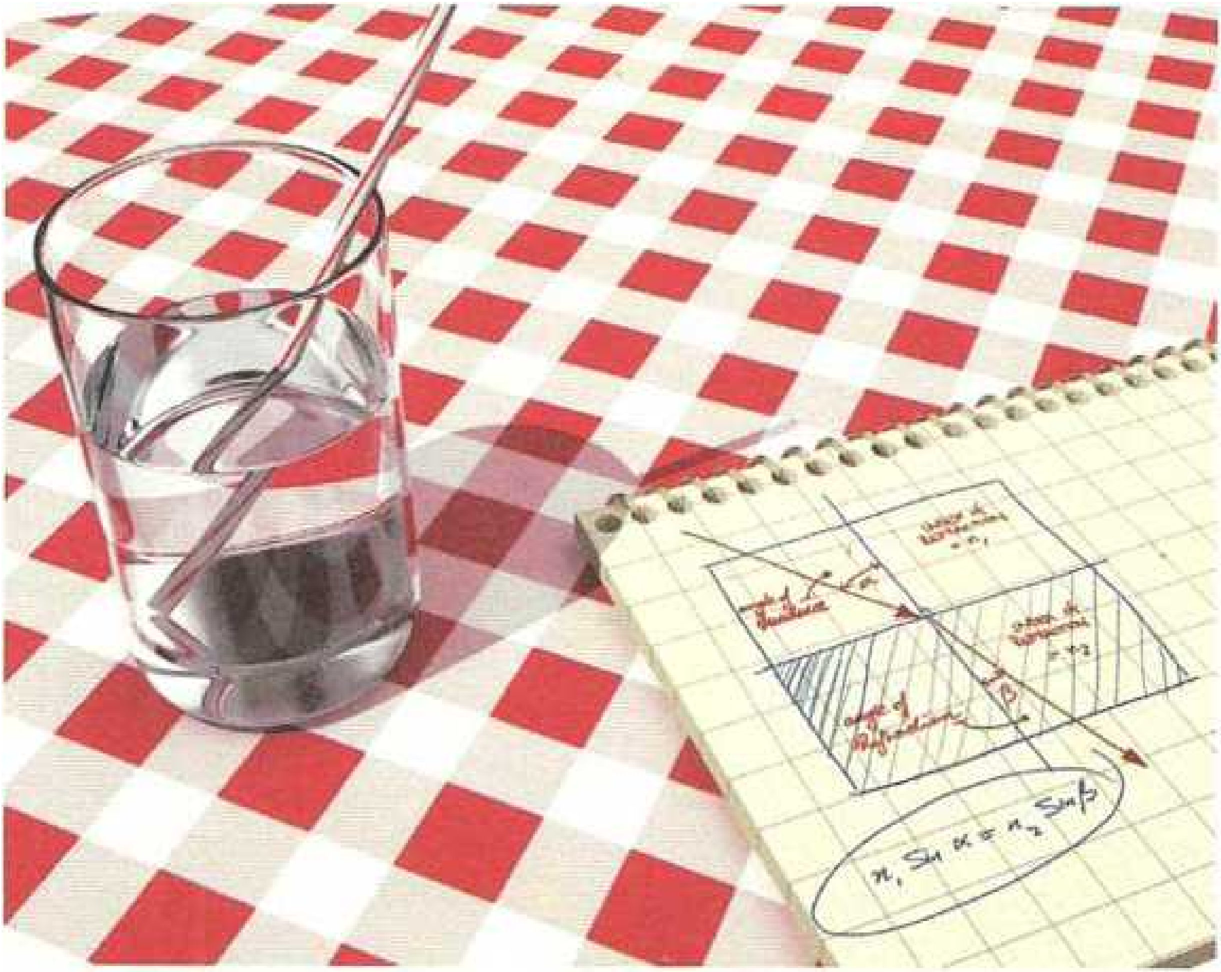
Yukarıdaki kıstasların öznel olduğu açık. Örneğin zarafet kolaylıkla ölçülebilecek bir şey değildir, ancak bilim insanları arasında oldukça değer görür, çünkü doğa yasalarının belirli durumları kısaltarak tek bir basit formüle indirgemesi beklenir. Zarafet bir kuram biçimine işaret eder. Ancak, uyarlanabilir unsurların yokluğuyla yakından ilgilidir çünkü yalan yanlış unsurlarla dolu bir kuram pek zarif değildir. Einstein'ın ortaya koyduğunu başka sözcüklerle ifade edecek olursak; bir kuram mümkün olduğunca basitleştirilmeli ama basite indirgenmemelidir. Ptolemaios, modelinin gökcisimlerinin devinimlerini daha doğru bir şekilde tanımlayabilmesi için onların dairesel yörüngelerine dışçemberler eklemiştir. Dışçemberlere dışçemberler ve hatta onlara da başka dışçemberler eklenmiş olsaydı model daha doğru olabilirdi. Modele karmaşıklık eklemek onu daha doğru kılabilse dahi, bilim insanları bir dizi gözleme uyması için çarpıtılan bir modeli tatmin edici bulmazlar; onu kullanışlı bir ilkeyi temsil eden bir kuramdan ziyade, veriler kataloğu olarak kabul ederler.

5. bölümde pek çok insanın, doğanın temel parçacıklarının etkileşimlerini tanımlayan "standart model"i zarif bulmadıklarını göreceğiz. Bu model, Ptolemaios'un dışçemberler modelinden çok daha başarılıdır. Bazı yeni parçacıkların varlığını, gözlemlenmelerinden önce öngörmüş ve yirmi otuz yıl boyunca çok sayıda deneyin sonuçlarını büyük bir doğrulukla açıklamıştır. Ancak standart model düzinelerce ayarlanabilir parametre içerir ve bu parametrelere ait değerler kuramın kendisi tarafından belirlenmezler; kuramın gözlemlerle uyuşması için ayarlanmaları gereklidir.

Bir başka nokta ise, yeni ve çarpıcı bir öngörünün doğruluğunun kanıtlanmasının bilim insanlarını her zaman etkilemesidir. Öte yandan, bir

modelin eksikliği ortaya çıktığında, genel tepki deneyin yanlış olduğunu söylemektir. Bu da durumu açıklamazsa, insanlar yine de modeli terk etmeyip değişiklikler yaparak onu korumaya çalışırlar. Fizikçiler beğendikleri kuramları kurtarmak konusunda epeyce ısrarlı olsalar da, bir kuramı ıslah etme eğilimi, değişiklikler yapay veya kullanışsız hale gelinceye, yani kuram “zarafetini” kaybedinceye kadar sürer.

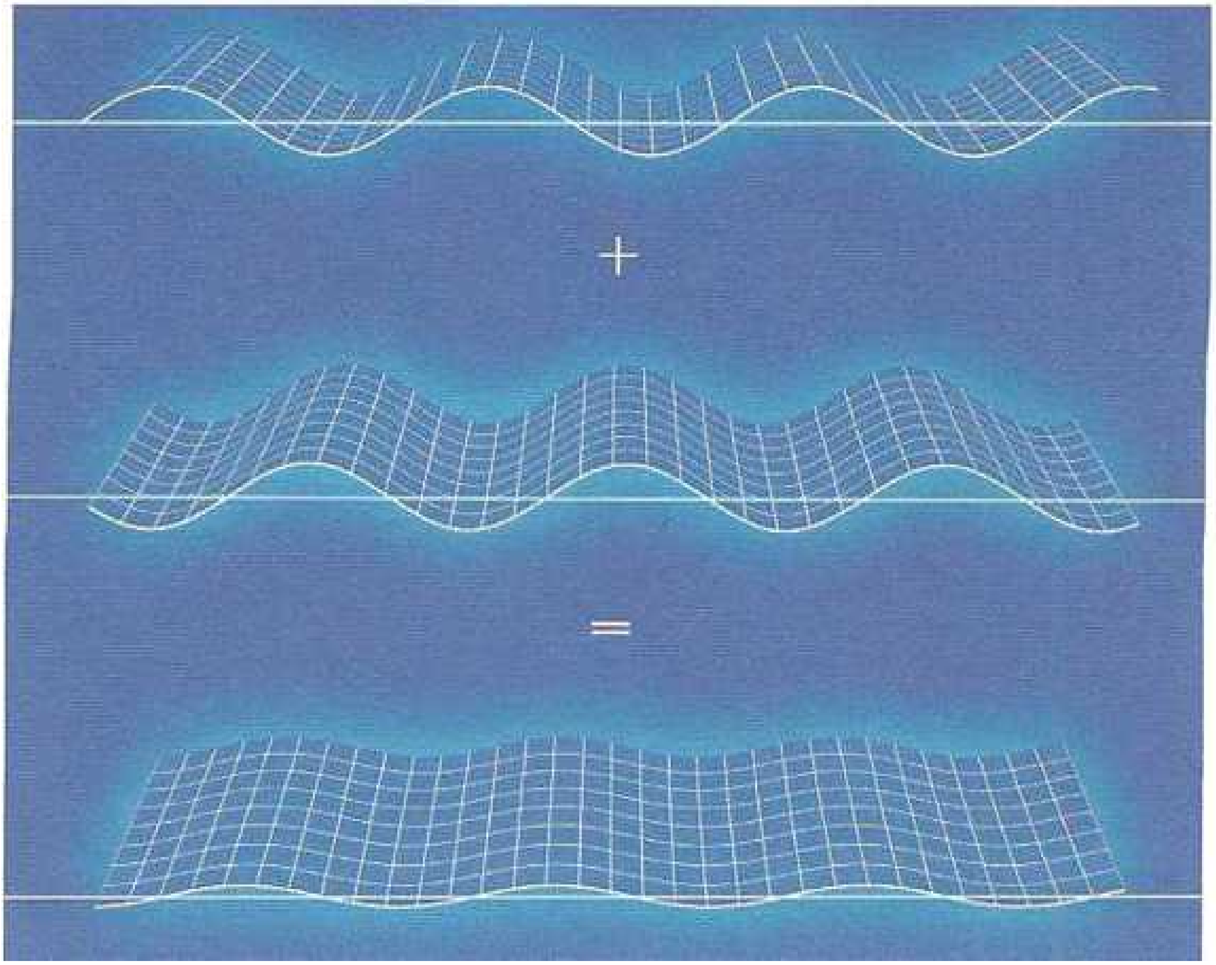
Yeni gözlemlere uyum sağlaması gereken değişiklikler fazlasıyla düzensiz bir hal almışsa, yeni bir modele ihtiyaç duyuluyor demektir. Yeni gözlemlerin ağırlığı nedeniyle çöken eski modele bir örnek, durağan evren görüşüdür. 1920’lerde çoğu fizikçi evrenin durağan olduğuna veya boyutlarının değişmez olduğuna inanıyordu. Daha sonra 1929’da Edwin Hubble evrenin genişlediğini ortaya koyan gözlemlerini yayımladı. Ancak Hubble evrenin genişlediğini doğrudan gözlemlememişti, galaksilerden yayılan ışığı gözlemlemişti. Bu ışık, galaksinin niteliğine bağlı olarak karakteristik bir imzaya veya tayfa sahiptir. Işığın tayfı, bizim konumumuzla göreli olarak, galaksi hareket ettiğinde ölçülebilir oranda değişir. Böylece, uzak galaksilerin ışık tayflarını çözümleyen Hubble, galaksilerin hızını belirlemeyi başardı. Bizden uzaklaşan galaksiler olduğu kadar, bize yaklaşan galaksilerin de olduğunu bulabilmeyi umuyordu. Ancak neredeyse tüm galaksilerin bizden uzaklaştıklarını ve uzaklıkları arttıkça hızlarının da arttığını buldu. Hubble evrenin genişlemekte olduğu sonucuna vardı; ama eski modellerine bağlı kalmak isteyen fizikçiler onun bu gözlemini durağan evren bağlamında açıklamaya kalkıştılar.

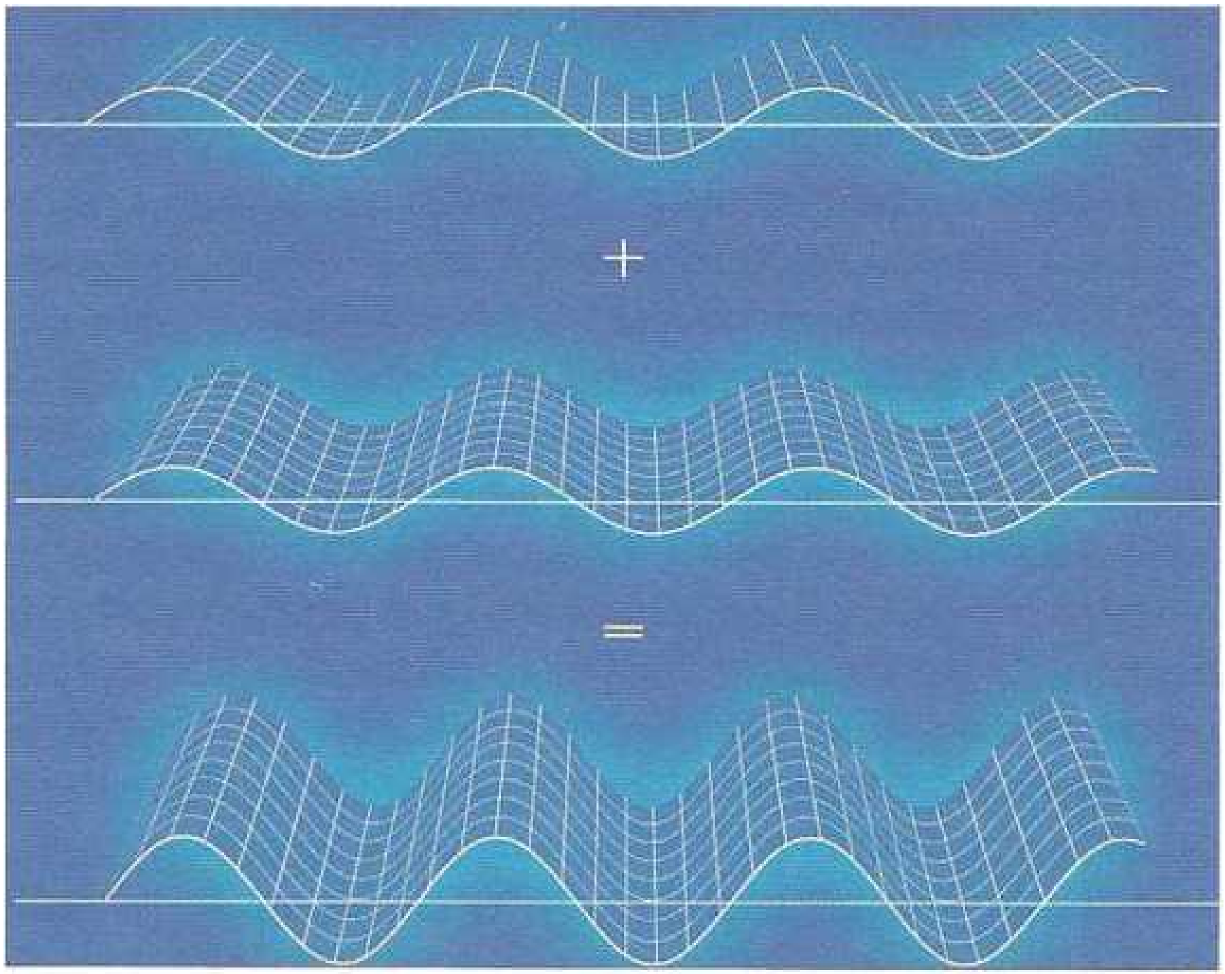


Kırınım Newton'ın ışık modeli, ışığın bir ortamdan diğerine geçerken neden kırıldığını açıklar, ama Newton halkaları adını verdiğimiz bir diğer fenomeni açıklayamaz.

Örneğin California Teknoloji Enstitüsü'nden fizikçi Fritz Zwicky, çok büyük mesafeler kat eden ışığın henüz bilinmeyen bir neden yüzünden yavaşça enerjisini kaybedebileceğini savundu. Zwicky'e göre enerjisindeki bu azalma ışığın tayfında değişikliklere neden olabilirdi ve Hubble'ın gözlemleri de bunu gösteriyordu. Hubble'dan onlarca yıl sonra pek çok fizikçi kararlı-durum kuramını savunmayı sürdürdü. Ancak en doğal model Hubble'ın genişleyen evren modeliydi ve sonunda kabul edilen de bu model oldu.

Evreni yöneten yasaları bulmak için yaptığımız araştırmalarda birkaç kuram veya model formüle ettik; örneğin dört element modeli, Ptolemaios sistemi, phlogiston kuramı,[3] büyük patlama kuramı vb. Her bir kuram veya model ile evrenin temel bileşenleri ve gerçeklik hakkındaki kavramlarımız değişti. Örneğin, ışık kuramını ele alalım. Newton ışığın küçük parçacıklardan veya cisimciklerden oluştuğunu düşünüyordu. Bu ışığın neden düz çizgiler halinde yol aldığını açıklıyordu; Newton ayrıca ışığın bir ortamdan diğerine, örneğin havadan cama veya havadan suya geçerken neden büküldüğünü ya da kırıldığını da bu şekilde açıklıyordu.

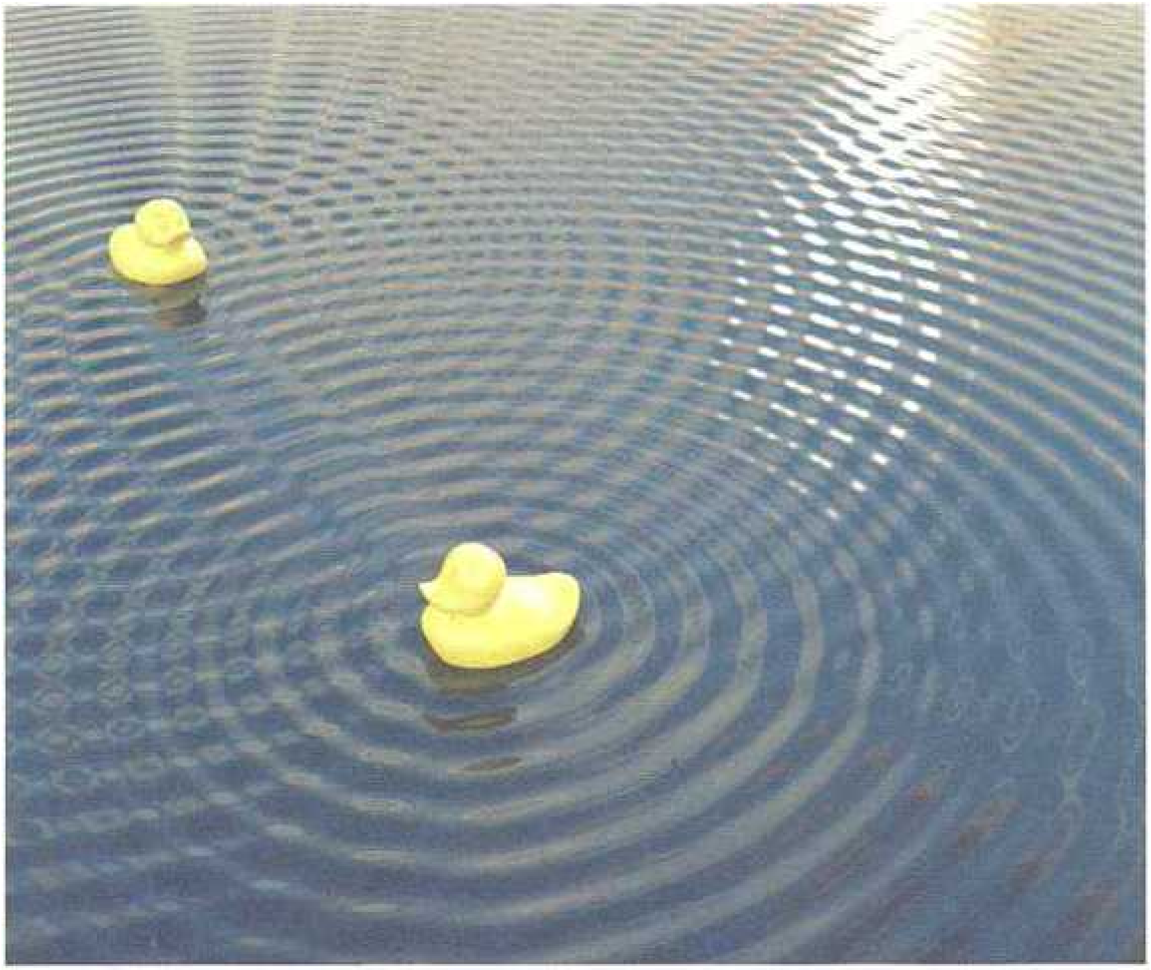




Girişim İnsanlar gibi dalgalar da karşılaştığında birbirlerini büyütme veya küçültme eğiliminde olurlar.

Yine de cisimcik kuramı Newton'in kendisinin gözlemlediği, Newton halkaları denilen fenomeni açıklamak için yeterli olmadı. Düz ve yansıtma özelliği olan bir levhanın üzerine bir mercek yerleştirin ve tek renkli bir ışıkla, örneğin sodyum lambasıyla aydınlatın. Yukarıdan bakıldığında merkezleri merceğin levhaya değdiği nokta olan açık ve koyu renkli halkalar görülür. Bunu ışığın parçacıklardan oluştuğunu söyleyen kuramla anlatmak zor olurdu, ama dalga kuramı ile açıklanabilir.

Işığın dalga kuramına göre, açık ve koyu renkli halkalara neden olan girişim dediğimiz bir fenomendir. Bir dalga, örneğin bir su dalgası bir dizi tepe ve çukurdan oluşur. Dalgalar çarpıştığında bu tepeler ve çukurluklar denk gelirlerse birbirlerini destekleyerek daha büyük bir dalganın oluşmasını sağlar. Bu yapıcı girişimdir. Bu durumda dalgaların "eş fazlı" olduğu söylenir. Bunun karşıtı durumda ise, dalgalar karşılaştığında bir dalganın tepesi, diğer dalganın çukuruna denk gelir. Bu durumda dalgalar birbirlerini sönümlerler ve onlara "zıt fazlı" dalgalar denir. Bu da yıkıcı girişimdir.



Su birikintisinde girişim Günlük hayatımızda göletten okyanusa kadar her su birikintisinde girişim kavramını görebiliriz.

Newton halkalarının parlak olanları merkezden, mercekten yansıyan dalga ile levhadan yansıyan dalganın tam sayılı (1, 2, 3, ...) dalga boylarıyla ayrılarak yapıcı girişim oluşturdukları uzaklıkta oluşur. (Dalga boyu, bir dalgaya ait tepe veya çukurlardan birinin kendisinden sonrakine uzaklığıdır.) Öte yandan koyu renk halkaların merkezden uzaklığını belirleyen iki dalga arasındaki ayrım, yarı tam sayıdaki (1/2, $1^{1/2}$, $2^{1/2}$,...) dalga boyu kadar olduğu için yıkıcı girişim oluşturur - mercekten yansıyan dalga levhadan yansıyan dalgayı sönümler.

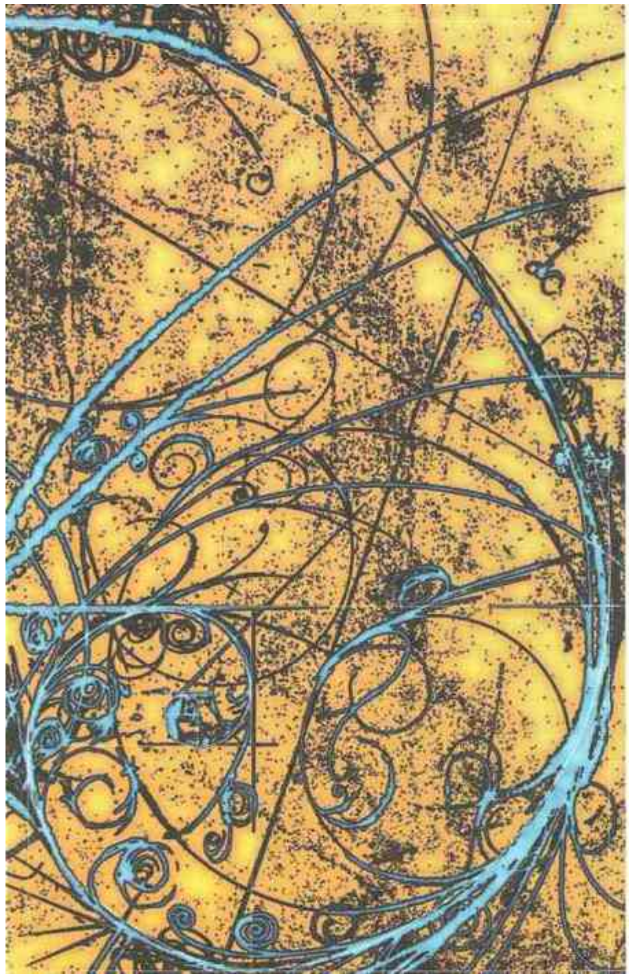
19. yüzyılda bu, ışığın dalga kuramının doğrulanması ve parçacık kuramının yanlış olduğunun gösterilmesi olarak kabul edildi. Ancak 20. yüzyılın başlarında Einstein, fotoelektrik etkinin (günümüzde televizyonlarda ve dijital kameralarda kullanılmakta) bir ışık parçacığının veya kuantumun bir atoma çarpması ve bir elektronu ortadan kaldırmasıyla açıklanabileceğini gösterdi. Yani ışık hem parçacık, hem de dalga olarak işliyordu.

İnsanlar, okyanusları veya çakıltaşı atılan göletleri izledikleri için dalga fikri akıllarına gelmiş olmalı. Aslında bir gölete iki çakıl taşı attığınızda, yukarıdaki fotoğrafta olduğu gibi, girişimin nasıl işlediğini görürsünüz. Diğer sıvıların da aynı şekilde davrandığı gözlenir; belki fazlaya kaçırılan şarabın dışında. Parçacık fikri taşlar, çakıllar ve kum sayesinde tanıdıktı. Ancak bu dalga/parçacık ikiliği -bir nesnenin hem parçacık hem de dalga olarak tanımlanabileceği fikri- bir külçe kumtaşını içmek fikri kadar günlük yaşantımıza yabancıydı.

Bunun gibi ikilikler -aynı fenomeni doğru olarak tanımlayan iki çok farklı kuramın geçerli olduğu durumlar- modele dayalı gerçeklikle uyumludur. Her bir kuram belirli özellikleri tanımlar ve açıklar ve birinin diğerine göre daha iyi veya daha doğru olduğu söylenemez. Evreni yöneten yasalarla ilgili olarak söyleyebileceğimiz şudur: Evrenin her durumunu tanımlayabilecek tek bir matematiksel model veya kuram yok gibi görünüyor. Tersine, ilk bölümde belirttiğimiz gibi, M-kuramı adını verdiğimiz bir kuramlar ağı var gibi duruyor. M-kuramı içinde yer alan her

kuram, belli alanlardaki fenomenleri gayet iyi açıklıyor. Bu alanların örtüştüğü noktalarda, ağdaki farklı kuramlar birbiriyle uyuşuyor, dolayısıyla bunların tümünün aynı kuramın parçaları olduğu söylenebilir. Ancak ağın içindeki hiçbir kuram evrenin her halini -doğanın bütün güçlerini, bu güçlerin etkisini hisseden parçacıkları ve içinde bütün bunların sürüp gittiği uzay ve zamanın çerçevesini- tanımlayamaz. Bu durum tek ve birleşik bir kuramın hayalini kuran geleneksel fizikçileri pek tatmin etmese de, modele dayalı gerçekçilik çerçevesi içinde kabul edilebilir.

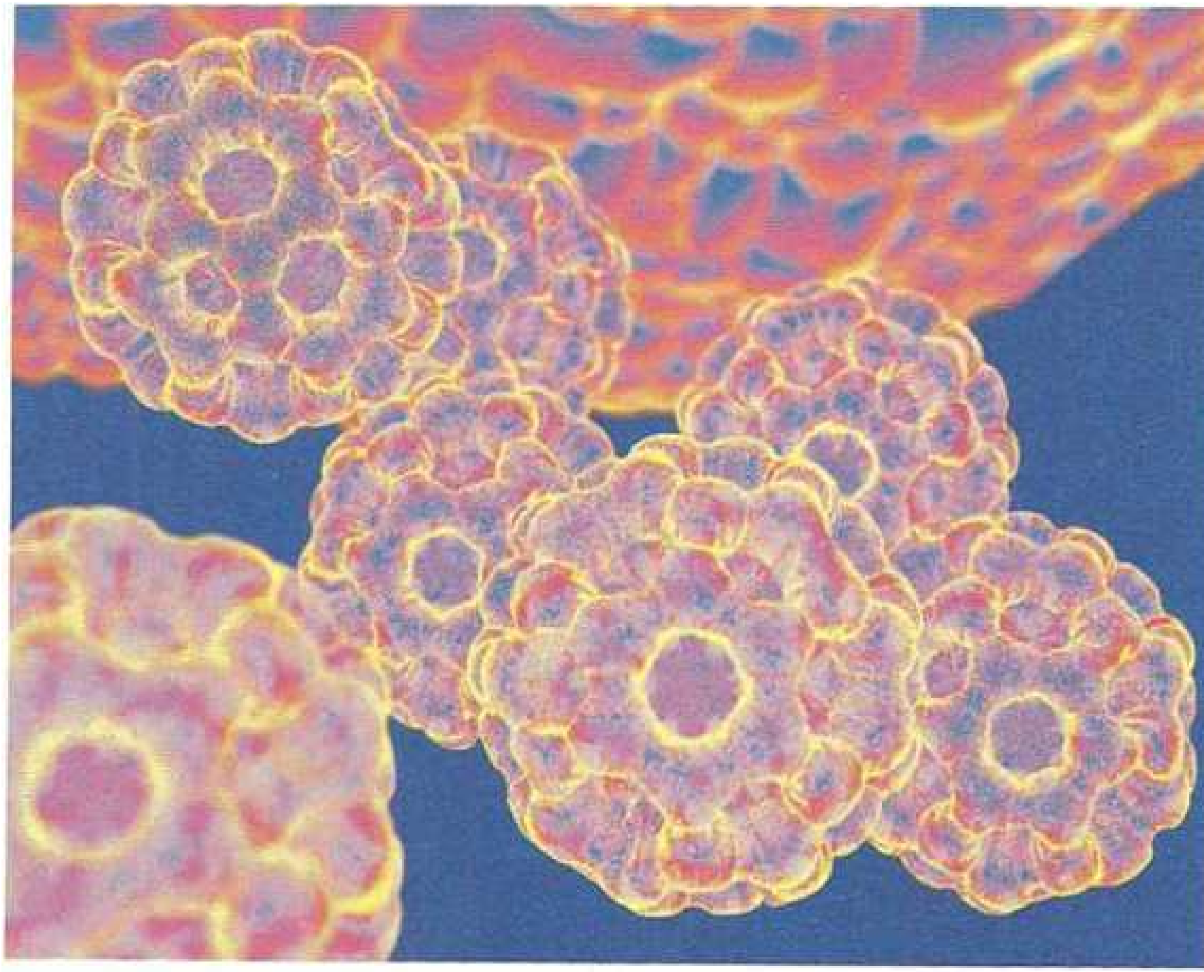
İkiliği ve M-kuramını beşinci bölümde daha ayrıntılı tartışacağız, ancak bundan önce doğaya çağdaş bakış açımızın dayanağı olan temel bir ilkeyi ele alacağız: Kuantum kuramı ve özellikle alternatif geçmişler adlı kuantum kuramı yaklaşımı. Bu görüşe göre evrenin yalnızca tek bir varoluşu veya geçmişi yoktur; tersine kuantum süper konum dediğimiz durumda evrenin olası bütün varyantları aynı anda mevcuttur. Bu, odadan çıktığımızda masa da kaybolur kuramı kadar olağandışı gelebilir, ancak kuram girdiği bütün deneysel testleri geçmiştir.



4

Alternatif geçmişler

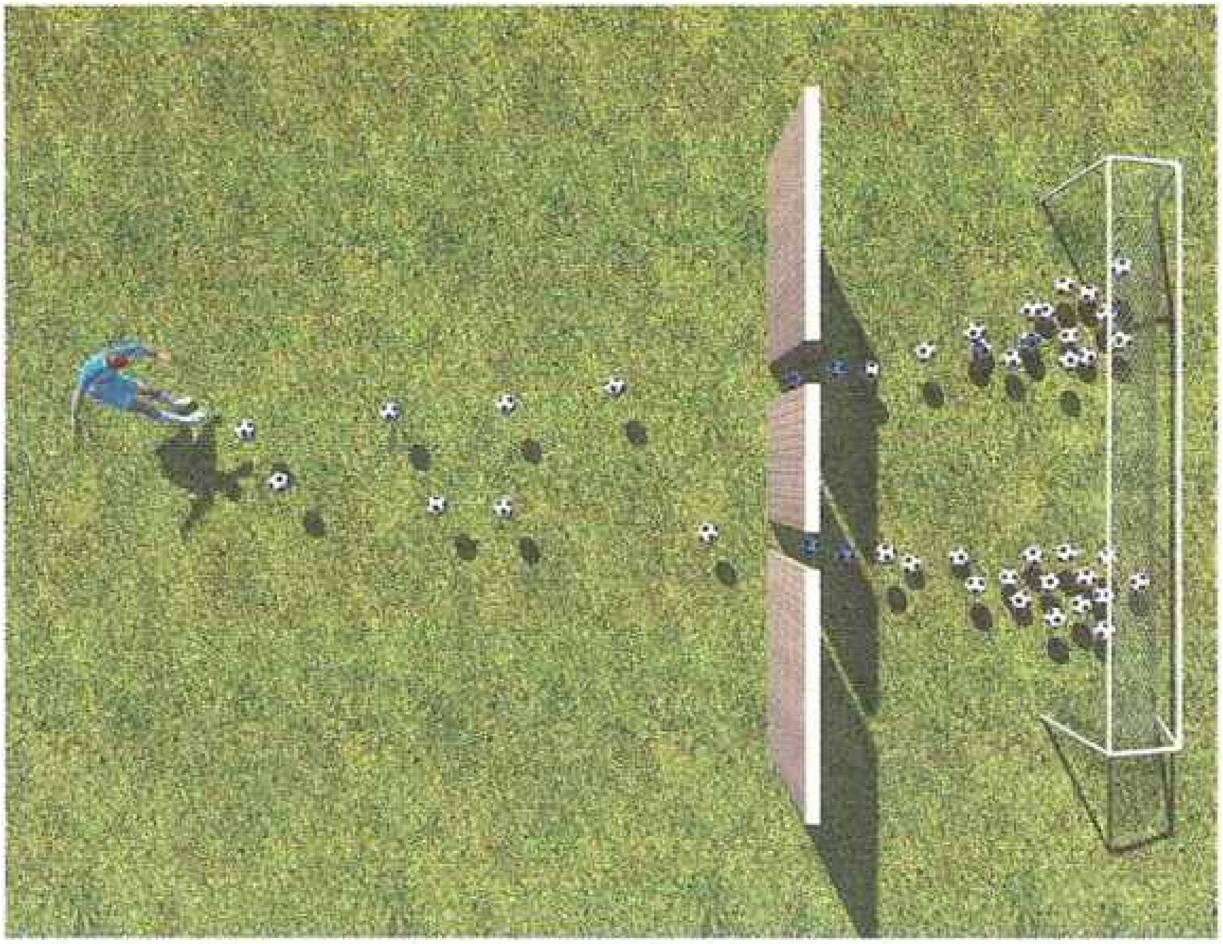
1999’da Avusturya’da bir grup fizikçi futbol topu biçimindeki bir dizi molekülü bir engele doğru fırlattılar. Her biri altmış karbon atomundan oluşan bu moleküllere mimar Buckminster Fuller’in yaptığı binaların şekline atfen buckytopları (*buckyballs*) denir. Fuller’in jeodezik kubbeleri belki de futbol topuna benzeyen en büyük nesneler. Buckytopları ise en küçükleri. Fizikçilerin hedef aldığı engelin üzerinde, buckytoplarının geçebileceği iki yarık bulunuyordu. Fizikçiler yarıklardan geçen molekülleri görmek ve saymak için bu engelin arkasına eşit büyüklükte bir perde koydular.



Buckytopları Buckytopları, karbon atomlarından yapılmış mikroskobik futbol toplarına benzerler.

Gerçek futbol topları ile benzeri bir deney yapsak, pek nişancı olmasa da topları her zaman bizim istediğimiz hızda atabilecek yetenekte bir futbolcuya ihtiyacımız olur. Bu oyuncuyu üzerinde iki yarık bulunan bir duvarın önüne yerleştiririz. Duvarın arkasına ona paralel uzun bir ağ koyarız. Oyuncunun çoğu atışı duvara çarpıp geri döner, ama bazıları yarıklardan birinden geçip ağlara takılır. Yarıklar toplardan yalnızca biraz daha büyükse duvarın arka tarafında yaklaşık olarak paralel bir yol izleyen topların oluşturduğu iki küme oluşur. Yarıklar daha da büyürse, aşağıdaki resimde olduğu gibi, her bir top kümesinin izlediği yol da yelpaze gibi açılır.

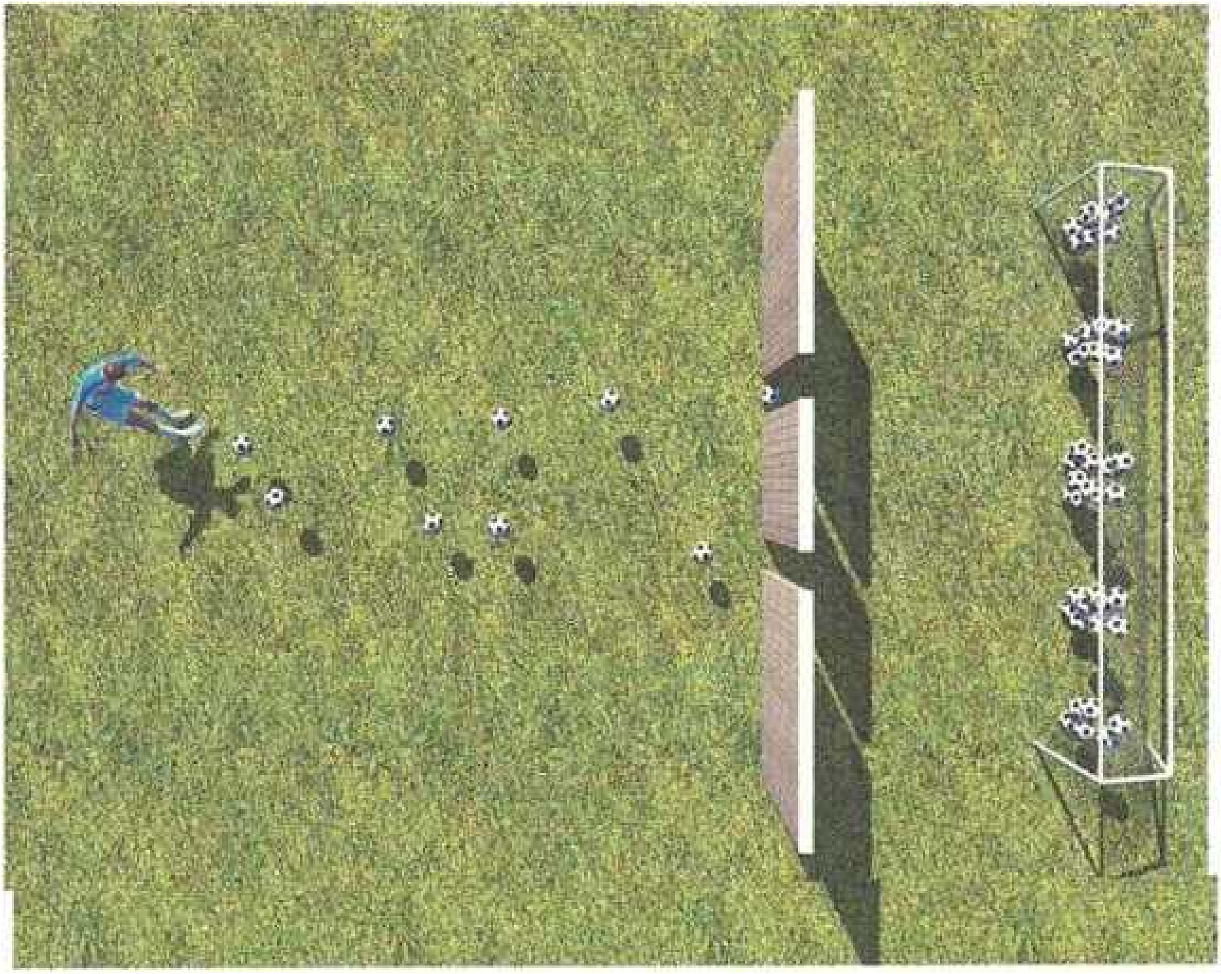
Yarıklardan birini kapatırsak, oradan hiç top geçmez, ama bu diğer yarıktan geçen topların durumunu hiç etkilemeyecektir. Bu yarığın yeniden açılması, duvarın arkasında hem eski yarıktan, hem de yeni açılan yarıktan geçen toplar olacağından, duvarın arkasındaki verili herhangi bir noktaya düşen topların sayısını yalnızca artıracaktır. Başka bir deyişle, her iki yarık açıkken gözlemlediğimiz, duvardaki yarıklar birbirinden ayrı olarak açıldığında gözlemlediklerimizin toplamıdır. Bu, günlük hayatımızdan alışkın olduğumuz bir gerçekliktir. Ancak molekülleri fırlatan Avusturyalı araştırmacıların buldukları şey farklı oldu.



Çift yarık futbolu Duvardaki yarıklardan topları geçiren bir futbolcu anlaşılır bir örüntü oluşturacaktır.

Avusturya deneyinde ikinci yarığın açılması, gerçekten de ekranın bazı noktalarına çarpan moleküllerin sayısını artırdı, ama aşağıdaki resimde görebileceğiniz gibi, bazı noktalardaki molekül sayısını azalttı. Aslında, arkadaki ekranda öyle noktalar vardı ki, yarıkların ikisi de açıkken buckytoplarının hiçbiri bu noktalarda gözlemlenmiyor, buna karşın yarıklardan yalnızca biri açıkken gözlemleniyordu. Bu çok tuhaf bir durumdu. İkinci yarığı açmak nasıl belirli noktalara daha az molekülün çarpmasına neden olabiliyordu?

Ayrıntıları inceleyerek yanıt için bir ipucu bulabiliriz. Deneyde, moleküller hangi yarıktan gönderilirse gönderilsin, varmasını beklediğiniz yerin yarısı kadar uzaklıkta bir noktaya ulaşıyor. Bu merkezi noktanın biraz uzağına çok az molekül geliyor, ama biraz daha uzağında moleküllerin yeniden yoğunlaştığı görülüyor. Bu örüntü, her yarık birbirinden ayrı olarak açıldığında oluşan örüntülerin toplamı değil; 3. bölümden hatırlayacağınız girişim dalgalarına özgü bir örüntü. Moleküllerin gelmediği alanlar, iki yarıktan çıkan zıt fazlı dalgaların yıkıcı girişim oluşturduğu bölgelere; moleküllerin yoğun olarak çarptığı alanlar ise dalgaların eş fazlı olarak geldiği ve yapıcı girişim oluşturduğu bölgelere karşılık geliyor.



Buckytoplarıyla futbol Moleküler futbol toplan ekrandaki yarıklardan geçirildiğinde ortaya çıkan örüntü alışık olmadığımız kuantum yasalarını yansıtır.

Bilimsel düşüncenin ilk iki bin yıllık sürecinde kuramsal açıklamanın temeli basit deneylere ve sezgiye dayanır. Teknolojimizi geliştirdikçe ve gözlemleyebildiğimiz fenomenlerin alanları genişledikçe doğanın bizim gündelik deneyimimizden, dolayısıyla sezgilerimizden oldukça farklı işlediğini daha iyi anlamaya başladık; buckytopları deneyi de bunu kanıtlamıştır. Bu deney, klasik bilimin dışında kalan, ancak kuantum fiziği ile açıklanabilen fenomenlerin tipik örneklerinden biridir. Aslında, yukarıda anlattığımız çift yarıklı deneyin "kuantum mekaniğinin bütün gizemlerini içerdiğini" söyler Richard Feynman.

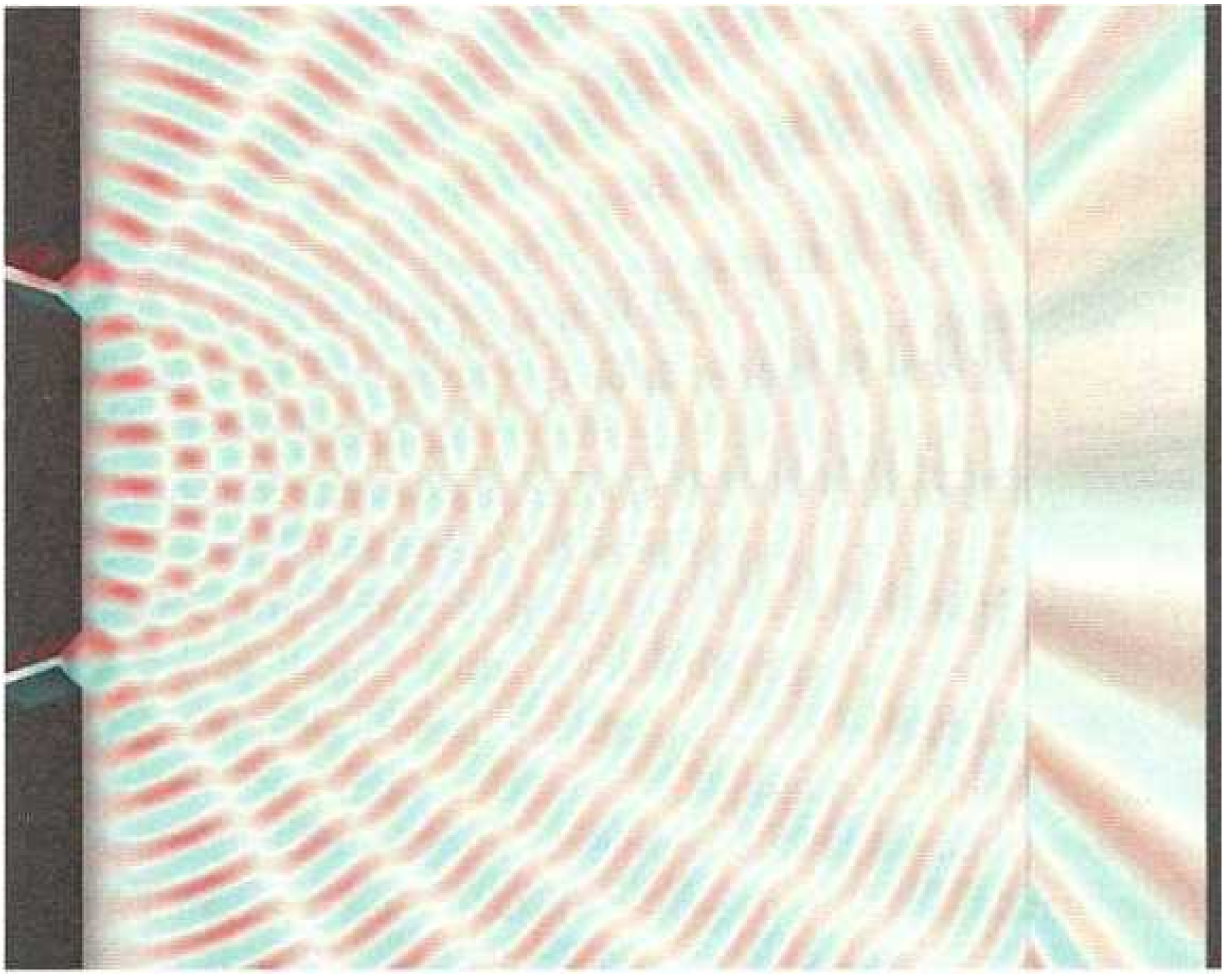
Kuantum fiziğinin ilkeleri 20. yüzyılın başlarında, doğanın atom ve atomaltı düzeylerini Newtoncu kuramın açıklamakta yetersiz kaldığı anlaşıldıktan sonra geliştirildi. Fiziğin temel kuramları doğanın güçlerini ve nesnelerin bu güçlere nasıl tepki verdiklerini tanımlar. Newton'ınki gibi klasik kuramlar gündelik deneyimimizi yansıtan bir çerçeve üzerine inşa edilmişlerdir ve bu çerçevede madde bireysel varlığa sahiptir, kesin konumu belirlenebilir, belirli yollar izler vs. Kuantum fiziği, doğanın atom ve atomaltı düzeylerde nasıl işlediğini anlamamıza yarayan bir çerçeve sunar, ancak daha sonra ayrıntılı olarak göreceğimiz gibi kavramsal çerçevesi tümüyle farklıdır ve bu çerçeveye göre bir nesnenin konumu, yolu, hatta geçmişi ve geleceği kesin olarak belirli değildir. Çekim gücü veya elektromanyetik kuvvet gibi kuantum kuramları bu çerçeve içinde oluşturulmuşlardır.

Gündelik hayatımıza son derece yabancı bir çerçevede geliştirilen kuramlar, klasik fizik tarafından olabildiğince kesinlikle modellenen basit deneylerin sonuçlarını da açıklayabilir mi? Açıklayabilir çünkü biz ve çevremizdeki her şey, akıl almaz sayıda atomdan; gözlemleyebildiğimiz evrendeki yıldızların sayısından bile daha fazla atomdan oluşan birleşik yapılarız. Bileşimleri kuantum fiziğinin ilkelerine uysa da, futbol topunu, şalgamı, jumbo jeti -ve bizi- oluşturan büyük atom topluluklarının yarıklardan geçerken kırınımdan kaçınabileceği açıktır. Yani gündelik nesnelerin bileşenleri kuantum fiziğinin ilkelerine uymakla beraber,

Newton yasaları gündelik hayatımızdaki birleşik yapıların nasıl davrandığını çok doğru bir şekilde tanımlayan etkileyici bir kuram oluşturur.

Bu tuhaf gelebilir, ancak bilimde büyük toplulukların kendi bireysel bileşenlerinden oldukça farklı bir şekilde davrandığını gösteren pek çok örnek vardır. Tek bir nöronun gösterdiği tepkiler, insan beyninin göstereceği tepkileri neredeyse hiç haber vermez veya bir su molekülünü bilmek size bir gölün nasıl davranacağını hakkında çok bir şey söylemez. Kuantum etki alanından Newton yasalarının nasıl çıktığını bulmak için fizikçiler hâlâ çalışmakta. Kesin olarak bildiğimiz şey, bütün nesnelerin bileşenlerinin kuantum fiziği yasalarına uyduğu ve Newton yasalarının, kuantum bileşenlerinden oluşan çok daha makroskobik nesneleri tanımlamak için iyi bir kestirim sunduğudur.

Bu nedenle Newtoncu kuramın öngörüleri, etrafımızdaki dünyayı deneyimlerken geliştirdiğimiz gerçeklik görüşümüze uygundur. Ancak kendi başlarına atomlar ve moleküller, bizim gündelik deneyimlerimize tamamen aykırı bir davranış sergilerler. Kuantum fiziği bize evrenin bir resmini sunan yeni model bir gerçekliktir. Bu resimde, gerçekliği sezgisel olarak algılayışımızın temeli olan pek çok kavram artık bir anlam taşımıyor.



Young'ın deneyi Buckytoplarının oluşturduğu desene ışığın dalga kuramından aşinayız.

Çift yarık deneyi ilk kez 1927'de, Bell Laboratuvarı'nda deneysel fizikçi olarak görev yapan ve -buckytoplarından çok daha basit nesneler olan-elektron ışınlarının nikelden yapılma bir kristal ile etkileşimi üzerinde çalışan, Clinton Davisson ve Lester Germer tarafından gerçekleştirildi. Elektron gibi madde parçacıklarının su dalgaları gibi hareket ediyor olduğu gerçeği, kuantum fiziğine ilham veren şaşırtıcı sonuçlardan biridir. Bu davranış makroskobik ölçekte gözlemlenmediğinden, ne büyüklükte ve karmaşıklıkta bir nesnenin dalga benzeri özellikler gösterebileceğini bilim insanları uzun süre merak ettiler. Bu etki insanları veya suaygırlarını kullanarak gösterilebilseydi oldukça büyük bir gürültü kopardı, ama dediğimiz gibi, genellikle nesne ne kadar büyükse kuantum etkilerinin görünürlüğü ve gücü de o ölçüde küçüktür. Yani hayvanat bahçesindeki herhangi bir hayvanın kafeslerinin parmaklıkları arasından bir dalga gibi geçmeleri pek mümkün değil. Yine de, deneysel fizikçiler dalga hareketi fenomenini giderek daha büyük parçacıklarda gözlemliyorlar. Bilim insanları buckytoplarıyla yaptıkları deneyi bir gün yalnızca çok daha büyük olmakla kalmayıp aynı zamanda canlı bir varlık olarak değerlendirilen bir virüs kullanarak yapmayı ümit ediyorlar.

Bir sonraki bölümde yapacağımız tartışma için kuantum fiziğinin sadece bazı özelliklerinin anlaşılması gerekiyor. En temel özelliklerinden biri dalga/parçacık ikiliğidir. Madde parçacıklarının bir dalga gibi davranması herkesi şaşırtır. Ancak ışığın bir dalga gibi davranması artık kimseyi şaşırtmıyor. Işığın dalga hareketi bize doğal geliyor ve neredeyse iki yüzyıldır kabul edilmiş bir gerçek olarak değerlendiriliyor. Yukarıdaki deneyde bir ışık demetini iki yarıktan geçirdiğinizde iki dalga ortaya çıkar ve arkadaki perdede buluşur. Bazı noktalarda dalgaların tepeleri ve çukurları çakışır ve parlak bir nokta oluşturur; diğerlerinde ise bir dalganın tepesi ile diğer dalganın çukuru çakışarak birbirlerini sönümler ve karanlık noktalar oluştururlar. İngiliz fizikçi Thomas Young bu deneyi 19. yüzyılın başlarında yaptı ve insanlar ışığın Newton'ın inandığı gibi parçacıklardan değil dalgalardan oluştuğuna ikna oldular.

Newton'ın ışığın bir dalga olmadığını söylerken yanıldığı sonucuna varılabilir, ama parçacıklardan oluşmuş gibi davranabildiğini söylerken

haklıydı. Günümüzde bu parçacıklara foton diyoruz. Biz nasıl çok büyük sayıda atomdan oluşuyorsak, gündelik hayatımızda gördüğümüz ışık da çok çok fazla sayıda fotonun bileşmesinden oluşuyor - hatta bir vatlık gece lambaları bile her saniye milyarlarca foton yayıyor. Tek bir fotonu görmek genellikle mümkün değil, ancak laboratuvarda ürettiğimiz, tekli fotonların akışından oluşan çok zayıf bir ışık demetinde bireysel fotonları saptayabiliyoruz, tıpkı bireysel elektronları veya buckytoplarını saptayabildiğimiz gibi. Ve yeterince seyrek bir ışın kullanarak Young'ın deneyini tekrarlayabiliyoruz; fotonları engelden birer birer geçiriyoruz ve ekrana ulaşan her bir foton arasında birkaç saniye oluyor.



"Eğer bu doğruysa, dalga olduğunu düşündüğümüz her şey aslında parçacık ve parçacık olduğunu düşündüğümüz her şey aslında dalga."

Bunu yapıp daha sonra engelin arkasındaki ekranın üzerinde kaydedilen çarpışmaları toplarsak, elde ettiğimiz örüntünün; Davisson-Germer deneyini elektronları (veya buckytoplarını) ekrana birer birer atarak tekrarlasaydık elde edeceğimiz girişim örüntüsüyle aynı olacağını görürüz. Bu durum fizikçiler için çok şaşırtıcı bir keşifti: Parçacıklar kendileriyle girişim gerçekleştirebiliyorsa, o zaman ışığın dalga özelliği yalnızca bir ışık demetinin veya büyük foton topluluklarının değil, bireysel parçacıkların da özelliğidir.

Kuantum fiziğinin temel ilkelerinden bir diğeri de, Werner Heisenberg tarafından 1926'da formüle edilmiş olan belirsizlik ilkesidir. Belirsizlik ilkesi bize, bir parçacığın konumu ve hızı gibi belirli verileri aynı anda ölçme yeteneğimizin sınırlı olduğunu söyler. Belirsizlik ilkesine göre, parçacığın konumundaki belirsizliği momentumundaki (parçacığın kütlesi çarpı hızı) belirsizliği ile çarptığımızda elde edeceğimiz sonuç asla, değişmez bir nicelik olan Planck sabitinden{4} daha küçük olamaz. Biraz tekerleme gibi olacak, ama işin özünü şöyle anlatabiliriz: Hızı ne kadar kesin ölçerseniz, konumu o kadar az kesin ölçersiniz veya tam tersi. Örneğin, konumdaki belirsizliği yarıya indirdiğinizde, hızın belirsizliğini ikiye katlamış olursunuz. Gündelik yaşamda kullandığımız metre, kilogram, saniye gibi ölçü birimlerimizle karşılaştırdığımızda Planck sabitinin çok küçük olduğunu belirtmekte de yarar var. Aslında birimle ifade edecek olursak yaklaşık olarak 6/10.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000 gibi bir değere sahiptir. Sonuç olarak, kütlesi bir kilogramın üçte biri ağırlığında olan futbol topu gibi makroskobik bir nesnenin yerini her yöne doğru 1 milimetre kesinliğinde saptadığımızda, hızını saatte kilometrenin milyar milyar milyarda birinden daha kesin olarak ölçebiliriz; çünkü birimlerle gösterecek olursak, topun kütlesi 1/3'tür ve konumunun belirsizliği 1/1.000'dir. Planck sabitindeki bütün o sıfırlara karşılık gelmesi için hiçbiri yeterli değildir ve bu yüzden görevi hızın belirsizliği üstlenir. Ancak bir elektronun kütlesi 0,000000000000000000000000000001'dir, bu nedenle

elektronlarda durum oldukça farklıdır. Bir elektronun konumunu, bir atomun yaklaşık büyüklüğüne denk gelen bir kesinlikte ölçersek, belirsizlik ilkesine göre bu elektronun hızını saniyede artı veya eksi 1.000 kilometreden daha kesin ölçemeyiz ki, bu da pek doğru bir ölçüm olmaz.

Kuantum fiziğine göre ne kadar bilgiye ulaştığımız veya ne kadar güçlü bir hesaplama yeteneğine sahip olduğumuz hiç fark etmiyor; fiziksel süreçlerin sonuçlarını kesinlik dahilinde öngörmek mümkün değildir, çünkü onlar kesinlik dahilinde *belirlenmemiştir.* Tersine, bir sistemin başlangıç koşullarını bilsek bile, doğa o sistemin geleceğini temelde belirsiz bir süreç yoluyla saptar. Bir başka deyişle, en basit durumlarda bile doğa bir sürecin veya bir deneyin sonuçlarını dikte etmez. Bunun yerine, her biri belirli bir gerçekleşme olabilirliği taşıyan pek çok farklı olasılığa izin verir. Bu, Einstein'ın yorumuyla, Tanrı'nın sonucuna karar vermek için her fiziksel sürecin öncesinde zar atması gibidir. Bu düşünce Einstein'ı rahatsız etmiş, kuantum fiziğinin kurucularından biri olmasın rağmen, sonradan eleştirmeye başlamıştır.

Kuantum fiziği, doğanın yasalarla yönetildiği düşüncesini yıkmaya çalışıyor gibi görünebilir, ama durum bu değildir. Tersine yeni bir determinizm anlayışını kabul etmemiz için bize yol gösterir: Doğanın yasaları belirli bir sistem için kesin bir geçmiş ve gelecek saptamak yerine, farklı geçmiş ve gelecek *olasılıkları* saptar. Bu bazılarının hoşuna gitmese de, bilim insanları kendi önyargılı düşüncelerini değil, deneylerle uyum gösteren kuramları kabul etmek zorundadır.

Bilimin bir kuramdan beklediği test edilebilir olmasıdır. Kuantum fiziğine ait öngörülerin olasılıksal doğası, bu öngörülerin doğrulanmasının olanaksızlığı anlamına gelseydi, kuantum kuramları geçerli olarak nitelenmezdi. Ancak öngörülerin olasılıksal doğasına rağmen kuantum kuramlarını test edebilmekteyiz. Örneğin bir deneyi pek çok kez tekrar edebilir, farklı sonuçlara ait frekansların öngörülen olasılıklara uyduğunu doğrulayabiliriz. Buckytopları deneyini ele alalım. Kuantum fiziği bize hiçbir şeyin asla kesin bir noktada saptanamayacağını söyler, eğer aksi olsaydı momentumdaki belirsizliğin sonsuz olması gerekirdi. Aslında kuantum fiziğine göre, her parçacığın evrenin herhangi bir yerinde bulunma olasılığı vardır. Yani çift yarıklı düzenekte belirli bir elektronu bulma şansı çok yüksek olsa da, o elektronu Alpha Centauri yıldızının en

uzak köşesinde veya ofisinizin kafeteryasında yediğiniz çoban böreğinde bulma olasılığı her zaman vardır. Sonuç olarak, bir kuantum buckytopuna tekme atıp uçmasına izin verirseniz, onun tam olarak nereye ineceğini önceden söyleyebilmenizi sağlayacak herhangi bir bilgi veya yetenek söz konusu değildir. Ancak deneyi pek çok kez tekrarlarsanız, elde ettiğiniz veriler topu bulabileceğiniz değişik noktaların olasılıklarını yansıtacaktır; deneysel fizikçiler bunun gibi deneylerin sonuçlarının kuramın öngörüleriyle uyuştuğunu doğrulamaktadır.

Kuantum fiziğindeki olasılıkların Newton fiziğindeki veya gündelik yaşamdaki olasılıklara benzemediğini anlamak önemlidir. Bunu anlamak için bir ekrana düzenli bir akışla fırlatılan Bucky toplarının oluşturduğu örüntü ile, dart oyununda on ikiden vurmaya çalışan oyuncuların yaptığı deliklerden oluşan örüntüyü karşılaştırabiliriz. Eğer oyuncular çok fazla bira tüketmemişlerse, okların merkeze yakın saplanmaları olasılığı oldukça yüksektir, merkezden uzaklaştıkça bu olasılık da azalır. Buckytoplarında olduğu gibi, herhangi bir ok herhangi bir yere saplanabilir ve zamanla altta yatan olasılıkları yansıtan, deliklerden oluşan örüntü ortaya çıkar. Gündelik yaşamımızda bir okun değişik noktalara saplanma olasılığı olduğunu söyleyerek, bu durumu yansıtmış oluruz; ancak bunu, okların fırlatma koşulları hakkında yeterince bilgiye sahip olmadığımız için söyleriz. Oyuncunun atışı sırasında okun açısını, dönüşünü, hızını vb. tam olarak bildiğimizde tanımımızı geliştirebiliriz. İlkesel olarak ancak o zaman okun nereye saplanacağını büyük bir doğrulukla öngörebiliriz. Gündelik yaşamdaki olayların sonuçlarını tanımlamak için kullandığımız olasılık kavramları, sürecin özünü değil, sürecin belli özelliklerini bilmeyişimizi yansıtır.

Kuantum kuramlarındaki olasılıklar farklıdır. Doğadaki temel rastlantısallığı yansıtır. Doğanın kuantum modelini oluşturan ilkeler, yalnızca gündelik deneyimimize değil, gerçeklik hakkındaki sezgisel kavramlarımıza da terstir. Bu kavramları tuhaf veya inanması güç bulanlar yalnız değiller; Einstein, hatta Feynman (onun kuantum kuramına birazdan değineceğiz) gibi büyük fizikçiler dahi bu gruba dahildir. Aslında Feynman “kimsenin kuantum mekaniğini anlayamadığını rahatlıkla söyleyebilirim” diye yazmıştır. Ancak kuantum fiziği gözlemlerle uyum içindedir. Hiçbir sınamada başarısızlığa uğramamıştır ve bilimde kuantum kadar çok sınanan başka bir kuram yoktur.

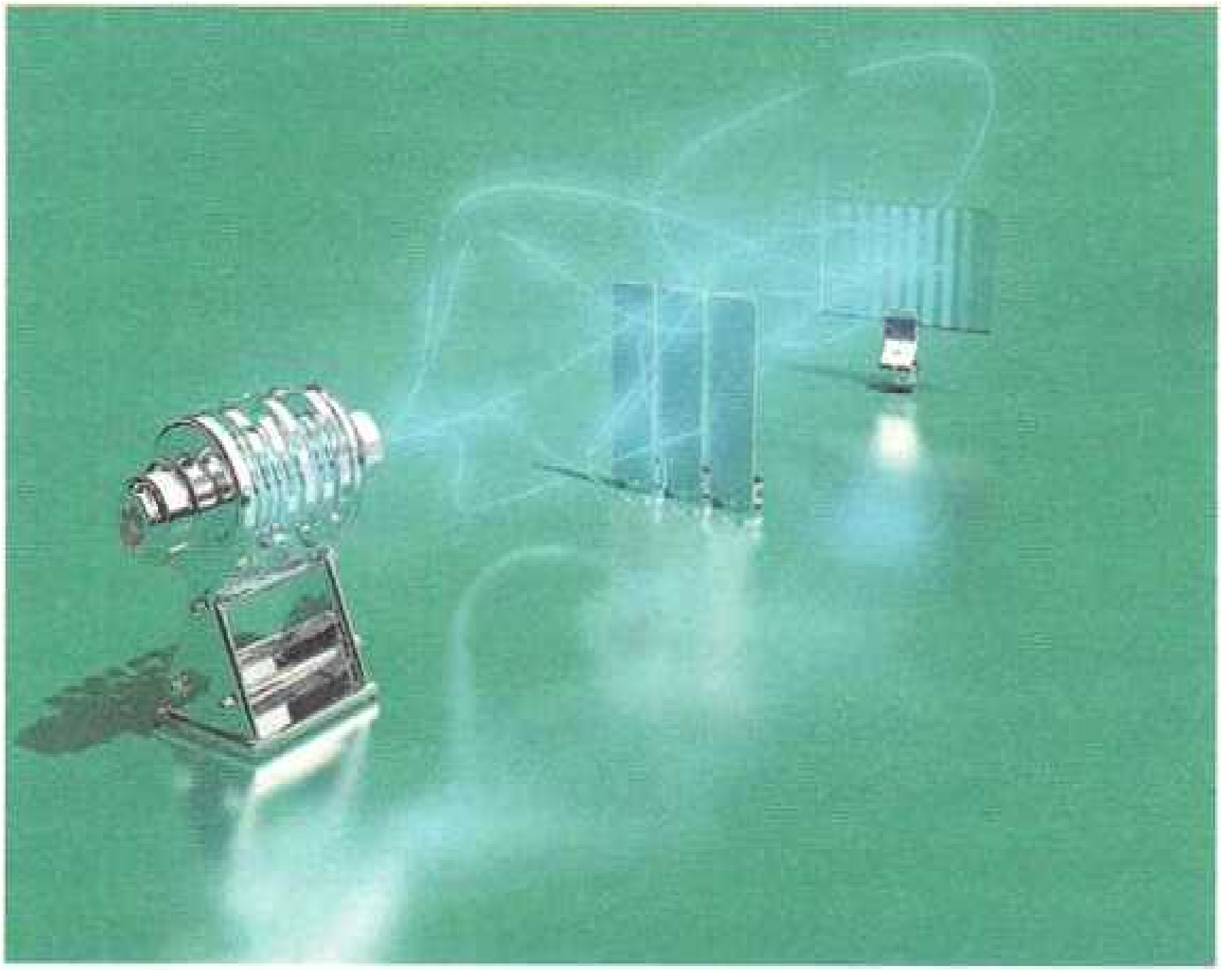
1940’larda Richard Feynman’ın, kuantum ve Newton fiziğinin farklılığı hakkında şaşırtıcı bir yaklaşımı vardı. Çift yarık deneyindeki girişim örüntüsünün nasıl oluştuğu sorusu ilgisini çekmişti. Anımsayalım, iki yarık da açıkken gönderdiğimiz moleküllerin oluşturduğu örüntü, ilkinde yarıklardan yalnızca birinin, İkincisinde de yalnızca diğerinin açık olduğu iki deneyin sonucunda elde edilen örüntülerin toplamı değildir. Her iki yarık açıkken bir dizi açık ve karanlık şeritler elde ederiz ve karanlık şeritlere hiç parçacık ulaşmamıştır. Yani, sadece bir yarık açıkken karanlık şeride ulaşan parçacıklar, ikinci yarığın da açık olduğu durumda o noktaya ulaşmamıştır. Sanki parçacıklar, kaynaktan ekrana yaptıkları yolculuklarının bir yerinde her iki yarık hakkında bilgi edinmişlerdir. Bu türden bir davranış, gündelik yaşamımızdaki şeylerin davranışından büyük ölçüde farklıdır; örneğin, gündelik hayatta bir top bir yarıktan geçirildiğinde bir yol izler ve diğer yarıktaki durumdan etkilenmez.

Newton fiziğine göre -moleküllerle değil futbol topuyla yaptığımız deneye göre- her parçacık kaynaktan ekrana kadar tek ve iyi tanımlanmış bir yol izler. Bu resimde, parçacığın yolculuğu sırasında yarıkların çevresini dolaşmak için yolundan sapması mümkün değildir. Ancak kuantum modeline göre, bir parçacığın başlangıç noktasından varış noktasına kadar geçen zaman içinde belirli bir konumda olduğu söylenemez. Feynman bunun, kaynaktan ekrana giden parçacığın izlediği bir yol *yoktur* şeklinde yorumlanmaması gerektiğini fark etti. Tersine parçacık bu iki noktayı birbirine bağlayan olası *bütün* yolları kullanıyordu. Feynman’a göre kuantum fiziği ile Newton fiziği arasındaki fark buydu. Her iki yarığın konumu önemlidir, çünkü parçacıklar tek ve belirli bir yol izlemek yerine, her yolu izlerler ve bunu *eşzamanlı* olarak gerçekleştirirler! Bu bilimkurgu gibi geliyor, ama değil. Feynman’ın formüle ettiği matematiksel ifade -Feynman’ın geçmişler toplamı- bu görüşü yansıtır ve kuantum fiziğinin bütün yasalarını tekrarlar. Feynman’ın kuramındaki matematik ve fiziksel görünüm, kuantum fiziğinin asıl formülünden farklıdır ama öngörüleri aynıdır.

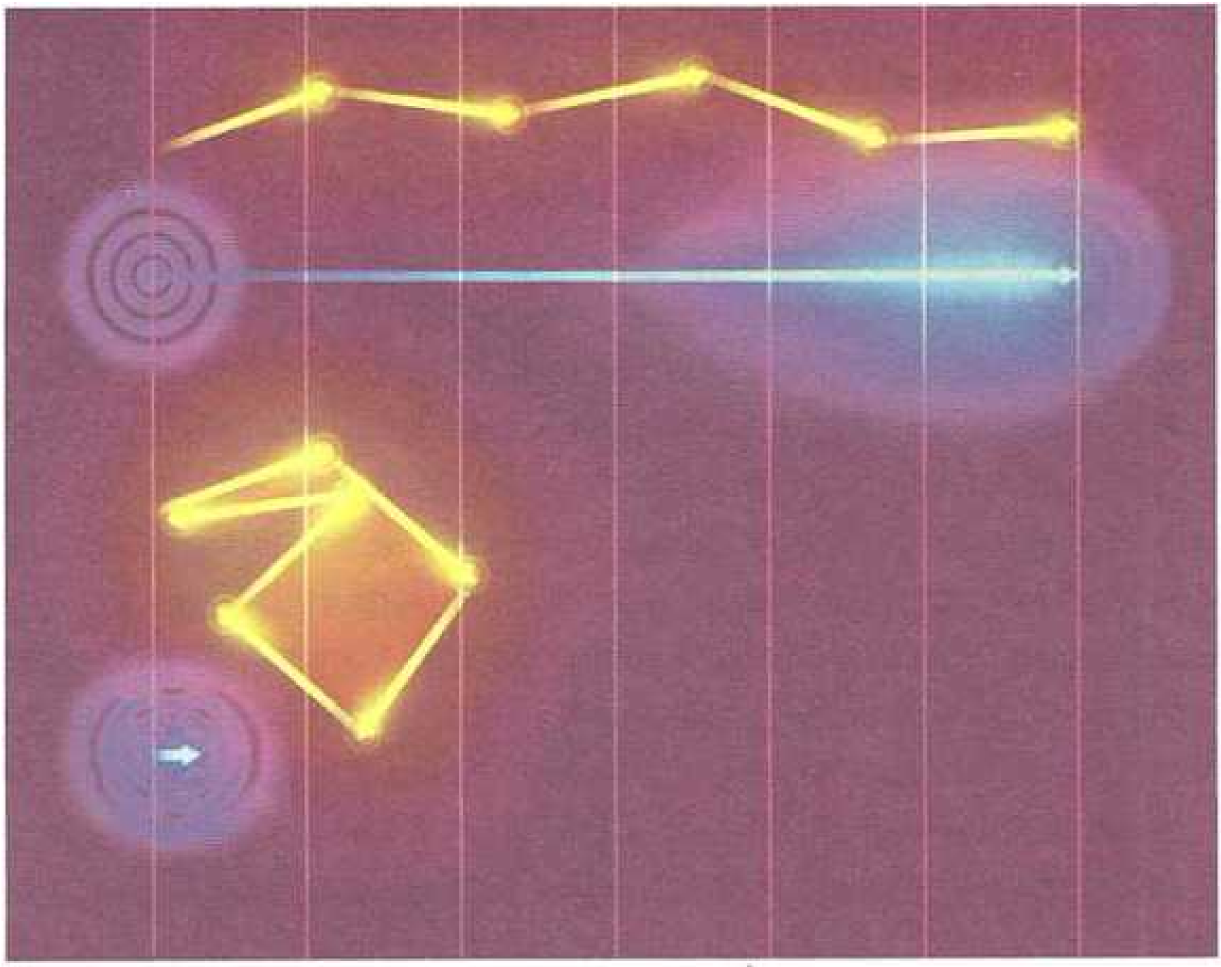
Feynman’ın düşüncesine göre çift yarık deneyinde parçacıkların izlediği yollar şöyledir. Yalnızca bir yarıktan veya yalnızca diğer yarıktan geçerler; ilk yarıktan geçer, dönüp ikinci yarıktan çıkar sonra yine ilk yarıktan geçerler; nefis körili karides yapan restorana gidip, eve dönmeden önce

Jüpiter'in etrafını birkaç kez dolanırlar; hatta bütün evreni aşıp, geri dönerler. Feynman'a göre parçacık, hangi yarığın açık olduğu konusunda bu şekilde bilgi alır -eğer bir yarık açıksa parçacık içinden geçer. Her iki yarık da açıksa, parçacığın içinden geçtiği her iki yol birbirine karışarak girişim oluşturur. Bu çok delice gelebilir, ancak bugün temel fiziğin amaçları -ve bu kitabın amaçları- açısından Feynman'ın formülü orijinalinden çok daha kullanışlı olduğunu kanıtlamıştır.

Feynman'ın kuantum gerçekliğiyle ilgili düşüncesi, az sonra anlatacağımız kuramların anlaşılması açısından çok önemlidir, bu nedenle nasıl çalıştığına dair bir izlenim edinmek için biraz zaman ayırmaya değer. Bir parçacığın A noktasından başladığı ve özgürce hareket ettiği basit bir süreç hayal edelim. Newton modelinde bu parçacık düz bir çizgi izler. Belirli bir zaman geçtikten sonra, bu düz çizginin sonunda parçacığı kesin olarak belirlenmiş B noktasında buluruz.



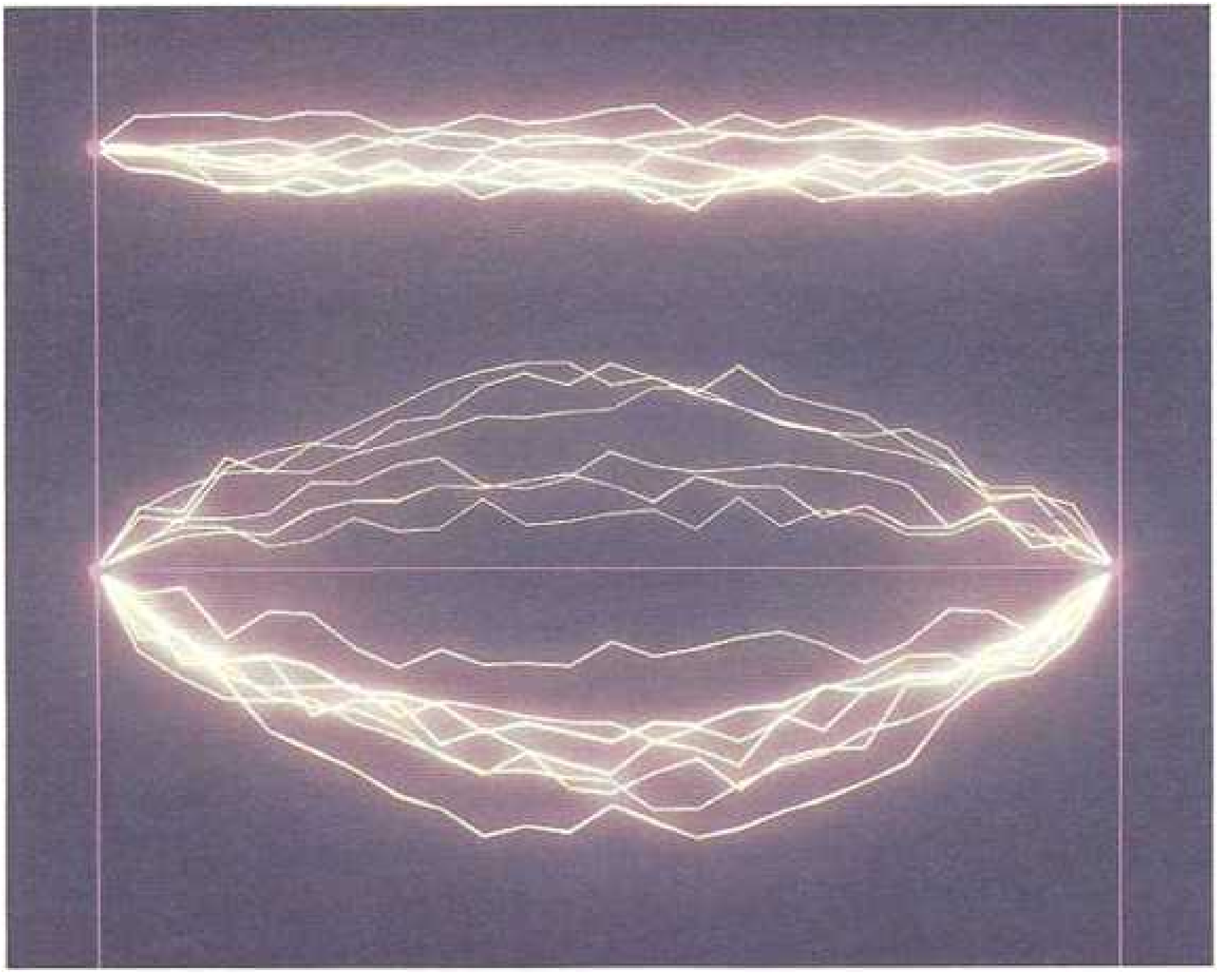
Parçacık yolları Feynman'ın kuantum kuramı formülasyonu, buckytopları ve elektronlar gibi parçacıkların ekrandaki yarıklardan geçirildiklerinde neden girişim desenleri oluşturduklarını açıklar.



Feynman'ın yollarını toplamak Tıpkı dalgaların yaptığı gibi farklı Feynman yolları da birbirlerini güçlendirir veya küçültür. Sarı oklar birbirlerine eklenen fazları temsil eder, ilk çizginin kuyruğundan başlayıp, son okun ucunda sona eren mavi çizgi ise toplamlarını temsil eder. Alttaki görüntüde okların yönleri farklıdır, bu nedenle toplamları, yani mavi çizgi, çok kısadır.

Feynman'ın modelinde bir kuantum parçacığı A ile B'yi bağlayan bütün yolları dener ve her yol için adına faz denilen bir numara alır. Bu faz dalganın pozisyonunu, yani dalganın tepe konumunda mı, çukur konumunda mı yoksa aradaki belirli bir konumda mı olduğunu temsil eder. Feynman'ın bu fazı hesaplamak için kullandığı matematik formülü, bütün yollardan gelen dalgaları topladığınızda, A'dan başlayan ve B'ye ulaşacak parçacığın "olasılık genliğini" elde edeceğimizi gösterir. Olasılık genliğinin karesi de B'ye ulaşacak parçacığın gerçek olasılığını verir.

Feynman toplamına (dolayısıyla A'dan B'ye gitme olasılığına) katkıda bulunan her bir tekil yolun fazı, sabit uzunlukta bir ok olarak düşünülebilir, ama bu ok herhangi bir yönü göstermez, iki fazı toplamak için, bir fazı temsil eden oku, diğer fazı temsil eden okun sonuna yerleştirirsiniz ve böylece toplamı temsil eden yeni bir ok elde edersiniz. Daha çok faz eklemek için aynı işlemi sürdürürsünüz. Fazlar ardı ardına sıralandığında, toplamı temsil eden ok çok uzun olabilir. Ancak oklar farklı yönleri gösteriyorsa, birbirlerini geçersiz kılma eğiliminde olacaklarından, oktan geriye pek bir şey kalmayacaktır. Nasıl olduğunu yukarıdaki resimde görebilirsiniz.



A'dan B'ye giden yollar iki nokta arasındaki "klasik" yol düz bir çizgidir. Klasik yola yakın olan yolların fazları birbirlerini güçlendirme eğilimindeyken, klasik yoldan uzak olanların fazları birbirlerini yok etme eğilimindedir.

A noktasından başlayıp B noktasına varacak olan bir parçacığın olasılık genliğini hesaplamak üzere Feynman’ın formülünü uygulamak için, A ve B’yi birbirine bağlayan her yolu, dolayısıyla bunları simgeleyen fazları (yani okları) toplamalısınız. Sonsuz sayıda yol olması işin matematiğini bir parça zorlaştırsa da, sonuç veriyor. Yukarıdaki resimde yolların bir kısmını göreceksiniz.

Feynman kuramı, Newton dünyasının çok farklı görünen *kuantum fiziğinden nasıl doğabileceğini açıkça* ortaya koyuyor. Feynman kuramına göre her yola ait faz Planck sabitine dayanır. Planck sabiti çok küçük olduğundan, birbirine yakın olan her yolun katkısını topladığınızda, fazlar normal olarak çok büyük değişiklik gösterecektir ve yukarıdaki resimde görüleceği gibi, birbirlerini sıfırlama eğiliminde olacaklardır. Ancak kurama göre, fazların sıralanma eğilimi gösterdiği belirli yollar da vardır ve bunlar, parçacığın gözlemlenen davranışı için daha büyük bir katkı sağladıklarından tercih edilir. Büyük nesneler söz konusu olduğunda, Newton’ın öngördüğü yola çok benzeyen yolların, fazları da benzeşecektir ve toplamdaki payları açık farkla büyük olacaktır; yani etkili bir biçimde sıfırdan büyük olan tek varış noktası, Newton kuramı tarafından öngörülen noktadır ve bu varış noktasının sahip olduğu olasılık bire çok yakındır. Bu nedenle büyük nesneler Newton kuramının öngördüğü şekilde hareket ederler.

Buraya kadar Feynman’ın kuramını çift-yarık deneyi bağlamında ele aldık. Bu deneyde parçacıklar yarıkları olan bir duvardan geçiriliyor ve biz duvarın arkasına yerleştirilen bir ekrana ulaşan parçacıkların yerlerini ölçüyoruz. Genel olarak Feynman’ın kuramı tek bir parçacığın değil, bir “sistemin” olası sonuçlarını öngörmemizi sağlıyor; bu sistem bir parçacık, bir dizi parçacık, hatta bütün evren de olabilir. Sistemin başlangıç durumu ile daha sonra niteliklerini saptamak için yaptığımız ölçümler arasında, bu nitelikler bir şekilde gelişir ve fizikçiler buna sistemin geçmişi der. Örneğin çift-yarık deneyinde parçacığın geçmişi, onun yoludur. Yine bu deneyde

olduğu gibi, verili herhangi bir noktaya ulaşan parçacığı gözlemleyebilme olasılığı, o noktaya götürebilecek yolların tümüne bağlıdır; Feynman, genel bir sistemde herhangi bir gözlem olasılığının, o gözleme yol açan bütün olası geçmişlerden oluştuğunu göstermiştir. Bu nedenle onun bu yöntemine kuantum fiziğinin "geçmişler toplamı" veya "alternatif geçmişler" formülasyonu denir.

Feynman'ın kuantum fiziğine yaklaşımı hakkında biraz bilgilendiğimize göre, daha sonra kullanacağımız bir başka temel kuantum ilkesini inceleyelim; bu ilkeye göre bir sistemi gözlemlemek, onun hareket biçimini değiştirir. Çenesine hardal bulaşmış şefimizi hiç ses çıkarmadan, karışmadan izlediğimiz gibi, bir sistemi izleyemez miyiz? Hayır. Kuantum fiziğine göre bir şeyi "sadece" gözlemleyemezsiniz. Gözlem yapabilmek için, gözlemlediğiniz nesneyle etkileşmek zorundasınız. Örneğin, bir nesneyi alışıldık anlamda görmek için üzerine ışık tutarız. Bir kabağın üzerine tuttuğumuz ışık elbette onu çok az etkileyecektir. Ancak küçücük bir kuantum parçacığının üzerine soluk bir ışık tutmak -yani onu fotonlarla vurmak- bile büyük bir etkiye yol açacaktır; bu durum tam olarak kuantum fiziğinin açıkladığı gibi deneyin sonuçlarını değiştirecektir.

Diyelim ki, daha önce yaptığımız gibi çift yarık deneyinde engelin üzerine bir parçacık akımı yollayalım ve yarıklardan geçen ilk bir milyon parçacığın verilerini toplayalım. Değişik çarpışma noktalarına ulaşan parçacıkların sayılarını işaretlediğimizde elde ettiğimiz veriler, sayfa 59'da gördüğünüz girişim örüntüsünü meydana getirecektir; parçacığın başlangıç noktası olan A'dan, tespit edildiği B noktasına ulaşan bütün olası yollara ait fazları da eklediğimizde, farklı noktalara çarpma olasılıklarının verilerle uyumlu olduklarını göreceğiz.

Şimdi bu deneyi yeniden yaptığımızı ve yarıkların üzerine ışık tuttuğumuzu varsayalım; böylece bir orta noktadan yani C'den hangi parçacığın geçtiğini bilelim. (C, yarıklardan herhangi birinin konumudur.) Bu, "hangi-yol" bilgisidir, çünkü bize parçacığın A'dan B'ye giderken birinci yarıktan mı yoksa ikinci yarıktan mı geçtiğini söyler. Artık her bir parçacığın hangi yarıktan geçtiğini bildiğimize göre, toplamımız yalnızca parçacığın birinci yarıktan geçerken izlediği yolları veya yalnızca parçacığın ikinci yarıktan geçerken izlediği yolları içerecektir. Birinci veya ikinci yarıktan geçen yolların tümünü asla içermeyecektir. Feynman'ın girişim örüntüsüne ilişkin açıklamasına göre, bir yarıktan

geçen yollar, diğer yarıktan geçen yollarla girişim oluşturacaklardır; parçacıkların hangi yarıktan geçtiklerini belirlemek için ışık kullandığımızda diğer seçeneği ortadan kaldırdığımız için girişim örüntüsünün yok olmasına neden oluruz. Aslında bu deney yapıldığında, ışık kullanmak sonuçları değiştirir, sayfa 59'daki girişim örüntülerini sayfa 58'deki örüntülere dönüştürür! Dahası, çok zayıf bir ışık kullanarak deneyde değişiklik yapabiliriz, böylece parçacıkların tümü ışıkla etkileşime girmezler. Bu durumda yalnızca bazı parçacık altkümeleri için hangi-yol bilgisine ulaşabiliriz. Böylece gelen parçacık verilerini hangi-yol bilgisine ulaşıp ulaşmadığımıza göre bölersek, hangi-yol bilgisine sahip olmadığımız altkümeye ait olan verilerin girişim örüntüsü oluşturduklarını, hangi-yol bilgisine sahip olduğumuz altkümeye ait verilerin ise bir girişim oluşturmadıklarını görürüz.

Bu düşünce, "geçmiş" kavramımız üzerinde önemli sonuçlar doğurur. Newton kuramında geçmişin, kesin olaylar dizisi olarak var olduğu düşünülür. Geçen yıl İtalya'dan aldığınız vazonun yerde paramparça durduğunu ve yeni yürümeye başlamış çocuğunuzun mahcup bir ifadeyle başında dikildiğini görürseniz, kazaya yol açan olayları geçmişe doğru izleyebilirsiniz: Küçük parmaklar vazoya ulaşmış, sonra bırakıvermiştir ve vazo düşüp yere çarparak tuz buz olmuştur. Aslında, şimdiki zaman hakkında eksiksiz veriye sahipsek Newton yasaları geçmişin eksiksiz bir resmini hesaplamamıza olanak tanır. Bu resim, ister sevinçli ister acılı olsun, dünyanın kesin bir geçmişi olduğuna dair sezgisel anlayışımızla tutarlıdır. Hiç izlenmemiş olabilir, ama sanki bir dizi fotoğrafını çekmişiz gibi, geçmişin varlığından emin oluruz. Ancak kuantum parçacıklarının kaynaktan ekrana giderken kesin bir yol izledikleri söylenemez. Gözlem yaparak bir buckytopunun yerini saptayabiliriz, ancak gözlemlerimizin arasında parçacık bütün yolları birden kullanır. Kuantum fiziğine göre şimdinin gözlemi ne kadar mükemmel olursa olsun, (gözlemlenmeyen) geçmiş, tıpkı gelecek gibi, belirsizdir ve yalnızca olasılıklar yelpazesi olarak mevcuttur. Kuantum fiziğine göre evrenin tek bir tarihi veya geçmişi yoktur.

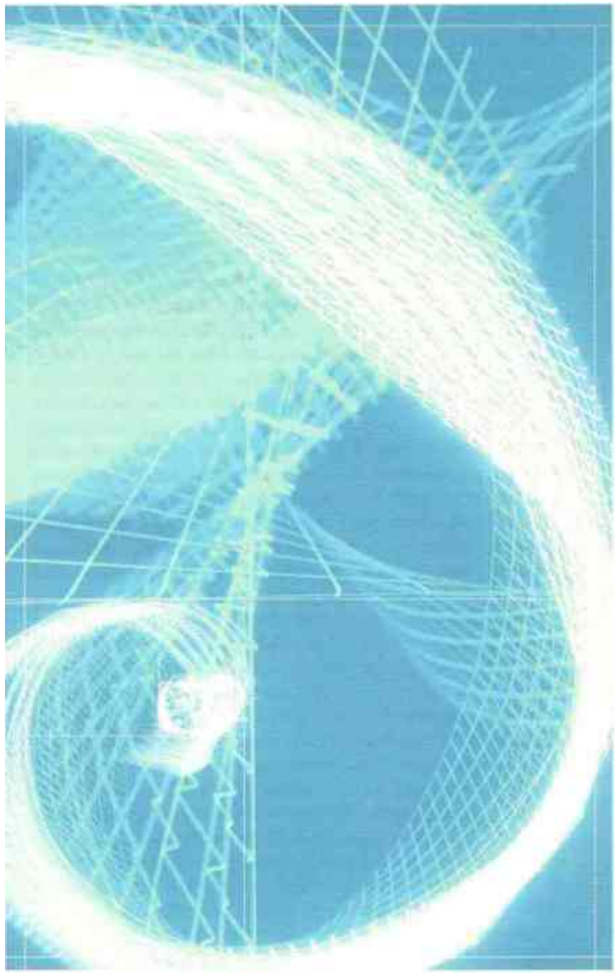
Geçmişin belirli bir biçimi yoktur derken, bir sistem üzerinde şimdiki zamanda yaptığınız gözlemin, onun geçmişini etkilediğini söylemekteyiz. Bu durum, fizikçi John Wheeler'ın gerçekleştirdiği bir deneyle - gecikmiş seçilim deneyi - oldukça dramatik bir şekilde gösterilmiştir. Şematik olarak,

gecikmiş seçilim deneyi daha önce gördüğümüz gibi parçacığın yolunu gözlemleme seçeneğinin olduğu çift-yarık deneyine benzer; farkı ise, gecikmiş seçilim deneyinde bu yolu gözlemleyip gözlemlemeyeceğinize dair kararı parçacığın ekrana çarpma anının hemen öncesine kadar ertelemenizdir.

Gecikmiş seçilim deneyinin sonuçları, hangi-yol bilgisini elde etmek için yarıkları gözlemlemeyi (ya da gözlemlememeyi) seçtiğimiz deneyin verileriyle aynıdır. Ancak bu durumda her parçacığın geçtiği yol -yani geçmişi- parçacık yarıklardan geçtikten çok sonra kararlaştırılıyor; sadece bir yarıktan geçip girişim oluşturmaması veya her iki yarıktan geçip girişim oluşturması, parçacık geçişini yaptıktan sonra “kararlaştırılmış” oluyor.

Hatta Wheeler bu deneyin kozmik uyarlamasını da düşünmüştür. Bu uyarlamadaki parçacıklar, milyarlarca ışık yılı uzaklıktaki güçlü bir kuasardan gelen fotonlardır. Böyle bir ışık araya giren bir galaksinin çekim gücü yüzünden ikiye ayrılıp, yeniden dünyaya odaklanabilir. Şimdiki teknoloji ile bu deneyi gerçekleştirmek mümkün olmasa bile, bu ışıktan yeterince foton toplayabilirsek bir girişim deseni oluşturacaklardır. Ancak ortaya çıkmadan hemen önce hangi-yol bilgisini ölçmek için bir araç yerleştirirsek desen yok olacaktır. Bu durumda bir ya da her iki yolun seçilme kararı milyarlarca yıl önce, Dünyamız ve hatta Güneşimiz henüz oluşmamışken verilmiş olsa bile, laboratuvarda yaptığımız gözlem önceden verilmiş olan bu kararı etkileyecektir.

Bu bölümde çift-yarık deneyini kullanarak kuantum fiziğini anlattık. Sonraki bölümde Feynman’ın kuantum mekaniği formülasyonunu bir bütün olarak evrene uygulayacağız. Tıpkı bir parçacık gibi, evrenin de tek bir geçmişi olmadığını, her biri kendi olabilirliğini taşıyan her olası geçmişe sahip olduğunu ve tıpkı çift-yarık deneyindeki gözlemlerin parçacığın geçmişini etkilemesi gibi, evrenin şimdiki durumuyla ilgili gözlemlerimizin onun geçmişini değiştirdiğini ve farklı geçmişler belirlediğini göreceğiz. Bu analiz, evrenimizdeki doğa yasalarının büyük patlamadan nasıl doğduğunu gösterecek. Ama yasaların nasıl doğduğunu incelemeden önce, bu yasaların ne olduklarından ve neden oldukları bazı gizemlerden söz edeceğiz biraz.



5

Her şeyin kuramı

> Evren hakkında anlaşılması en zor şey, anlaşılabilir olmasıdır.
>
> Albert Einstein

Evren anlaşılabilirdir, çünkü bilimsel yasalar tarafından yönetilir; yani, davranışı modellenebilir. Peki, bu yasalar veya modeller nelerdir? Matematiksel dilde tanımlanan ilk yasa çekim kuvvetidir. Newton'ın 1687'de yayınlanan çekim kuvveti der ki, evrendeki her nesne kütlesine

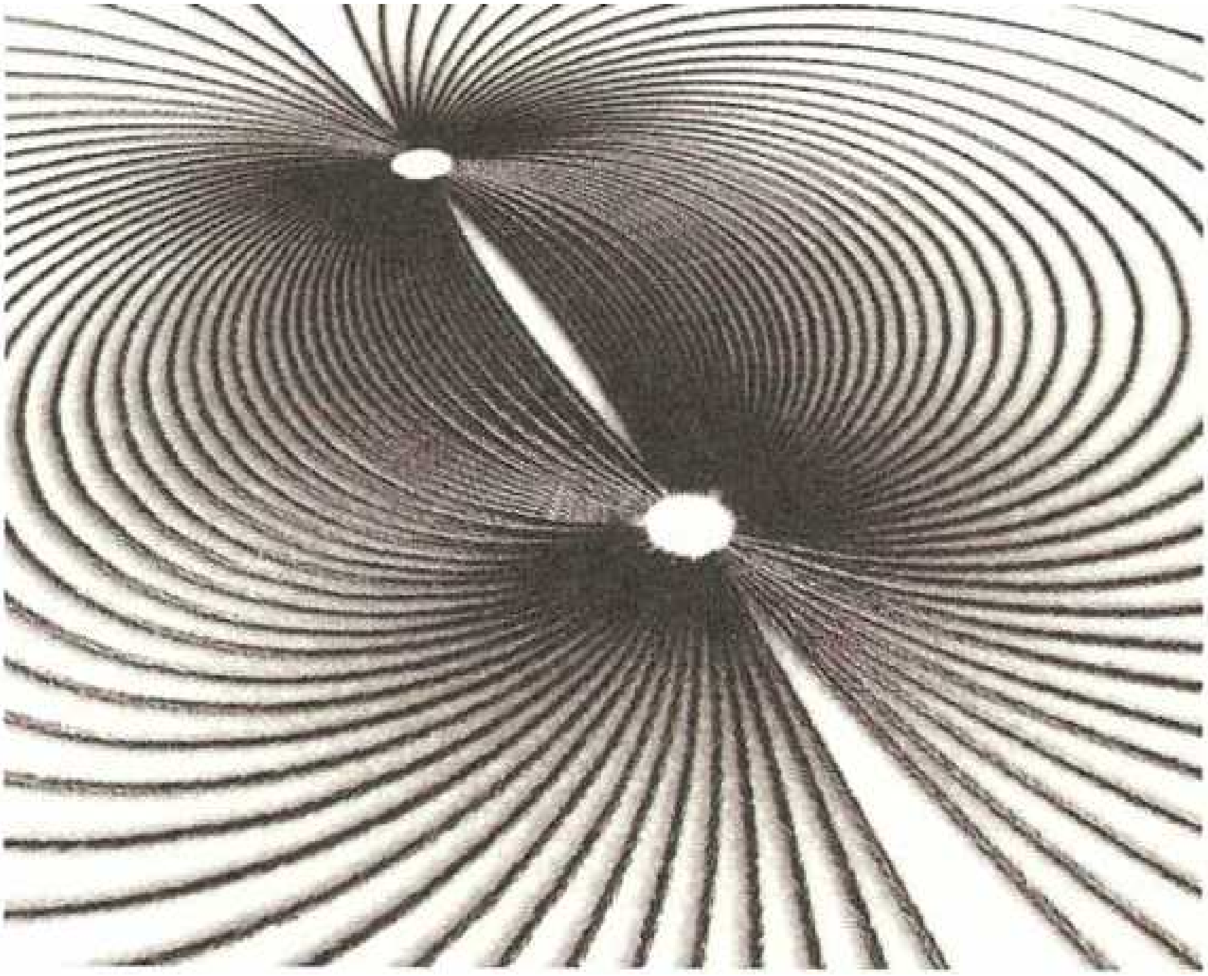
oranlı bir kuvvetle bütün diğer nesneleri kendine çeker. Bu düşünce kendi çağının entelektüel hayatı üzerinde büyük bir etki yaratmıştır, çünkü ilk kez evrenin en azından bir özelliğinin doğru olarak modellenebileceğini göstermiş ve bunun için matematiksel bir mekanizma sağlamıştır. Doğanın yasaları olduğu düşüncesi, yaklaşık elli yıl önce Galilei'nin sapkınlıkla suçlandığı konuların benzerlerini gündeme getirmiştir. Örneğin Eski Ahit'te, Kenan ülkesinde Amorilerle savaşan Yeşu'nun hikâyesi anlatılır; Ay'ın ve Güneş'in yörüngeleri üzerinde durması için dua eder ki savaşı gün ışığında bitirebilsin. Yeşu kitabına göre, Güneş bir gün boyunca kıpırdamadan durur. Günümüzde bunun Dünya'nın kendi ekseni etrafında dönmeyi bırakması anlamına geldiğini biliyoruz. Newton yasalarına göre eğer Dünya durursa, bulunduğu yere bağlı olmayan her şey Dünya'nın kendi hızında (ekvatorda saatte 1.100 mil) hareket etmeye devam edecektir ki gecikmiş bir günbatımı için büyük bir bedel olur. Bütün bunlar Newton'ın canını hiç sıkmamıştır, çünkü daha önce söylediğimiz gibi Newton Tanrı'nın evrenin işleyişine karışabileceğine ve de karıştığına inanıyordu.

Evrenin yasa veya model olarak keşfedilen sonraki özellikleri elektrik ve manyetik kuvvetler oldu. Bunlar da çekim gücü gibi davranırlar ama büyük bir farkla; aynı türde iki mıknatıs veya elektrik yükü birbirini iterken, aynı türde olmayan mıknatıslar veya yükler birbirlerini çekerler. Elektrik ve manyetik kuvvetler çekim kuvvetinden çok daha güçlüdür, ama biz onları günlük yaşamımızda pek fark etmeyiz, çünkü makroskobik cisimler hemen hemen eşit sayıda pozitif ve negatif elektrik yüklerine sahiptir. Bu, iki makroskobik cisim arasındaki elektrik ve manyetik kuvvetlerin birbirini neredeyse yok ettiği anlamına gelir; oysa çekim kuvvetinde bu cisimlerin kuvvetleri birbirine eklenir.

Elektrik ve manyetik kuvvetlerle ilgili bugünkü düşüncemiz, 18. yüzyılın ortalarından 19. yüzyılın ortalarına kadar geçen yaklaşık yüzyıllık süre içinde, birkaç ülkenin fizikçilerinin bu alanlarda yaptığı ayrıntılı deneysel çalışmalar sayesinde gelişti. En önemli keşiflerden biri bu iki kuvvetin birbirleriyle bağlantılı olmalarıydı: Hareket eden elektrik yükü mıknatıslar üzerinde bir kuvvet oluşturuyordu ve hareket eden bir mıknatıs da elektrik yükleri üzerinde bir kuvvet oluşturuyordu. Aralarında bir bağ olduğunu ilk fark eden Danimarkalı fizikçi Hans Christian Orsted oldu.

1820’de üniversitede ders vermek için hazırlandığı sırada kullandığı pilin elektrik akımının, yakındaki pusulanın ibresinin yönünü değiştirdiğini gördü. Çok geçmeden hareket eden elektriğin manyetik bir kuvvet yarattığını anladı ve “elektromanyetizma” terimini icat etti. Birkaç yıl sonra İngiliz bilimci Michael Faraday; eğer bir elektrik akımı bir manyetik alan oluşturuyorsa, bir manyetik alanın da elektrik akımı üretebilmesi gerektiği sonucuna vardı. Bu etkiyi 1831’de yaptığı deneyle gösterdi. On dört yıl sonra Faraday, yoğun manyetizmanın polarize olmuş ışığın doğasını etkileyebildiğini göstererek, elektromanyetizma ile ışık arasında da bir bağlantı olduğunu kanıtladı.

Faraday çok az eğitim almıştı. Londra yakınlarında yaşayan fakir bir demirci ailede doğdu ve on üç yaşında okuldan ayrılarak bir kitapçıda getir götür işlerine bakmaya ve ciltçi olarak çalışmaya başladı. Orada geçen yıllar içinde, bakımını üstlendiği kitapları okuyarak ve boş zamanlarında basit ve ucuz deneyler yaparak bilim öğrendi. Sonunda büyük kimyager Humphrey Davy’nin laboratuvarında asistan olarak iş bulmayı başardı. Faraday yaşamının kalan kırk beş yılını burada geçirdi ve Davy’nin ölümünden sonra onun yerine geçti. Faraday’in matematikle sorunu vardı ve hiçbir zaman kapsamlı olarak öğrenemedi; bu nedenle laboratuvarında gözlemlediği tuhaf elektromanyetik fenomenin kuramsal resmini kavramak için çok çabalaması gerekti. Yine de başardı.



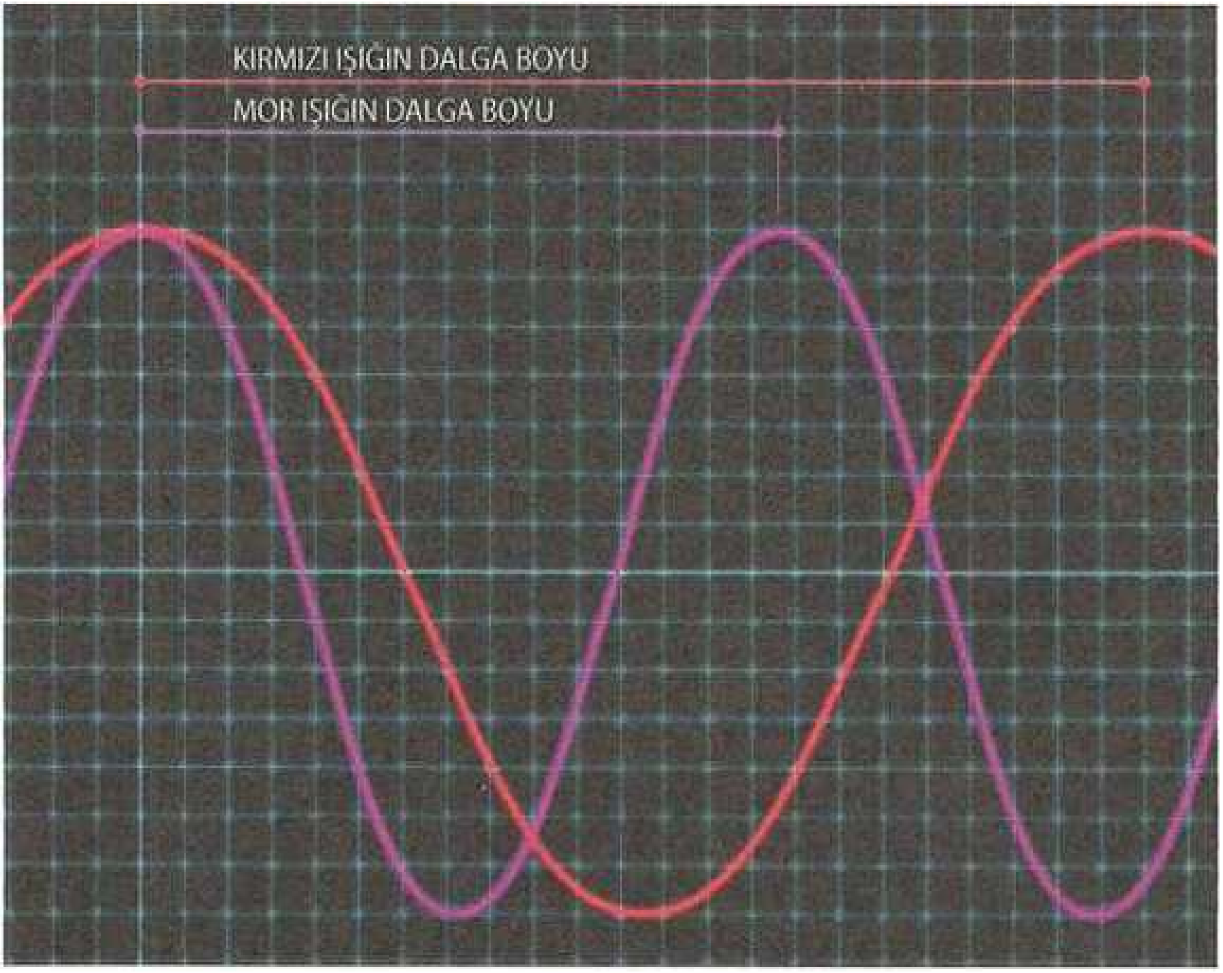
Kuvvet alanları Bir çubuk mıknatısın demir tozlarının gösterdiği tepkiye göre çizilmiş kuvvet alanı.

Faraday'in en büyük entelektüel icatlarından biri kuvvet alanlarıdır. Böcek gözlü yaratıklar ve onların yıldız gemileri hakkındaki kitaplar ve filmler sayesinde pek çok insan artık bu kavrama yabancı değil, belki de Faraday'e telif ücreti ödenmeliydi. Ancak Newton ve Faraday arasında geçen yüzyıllar içinde fiziğin en büyük gizemlerinden biri; fizik yasalarının, kuvvetlerin etkileşim içindeki nesneleri ayıran boşlukta hareket ettiğine işaret etmesiydi. Faraday bundan hoşlanmadı. Ona göre bir nesnenin hareket etmesi için nesneye temas eden bir şey olmalıydı. Böylece elektrik yükleri ile mıknatıslar arasındaki boşluğun görünmez tüplerle dolu olduğunu, fiziksel olarak itme ve çekme işini bu tüplerin gerçekleştirdiğini hayal etti. Faraday bu tüplere kuvvet alanı adını verdi. Bir kuvvet alanını görebilmenin en iyi yolu bir mıknatıs çubuğunun üzerine cam bir levha yerleştirmek ve levhanın üzerine demir tozu dökmektir. Cam levhaya hafifçe birkaç kez vurduğunuzda demir tozları sanki görünmeyen bir güç tarafından iteleniyormuş gibi hareket ederler ve mıknatısın bir ucundan diğer ucuna uzanan yaylar oluştururlar. İşte bu desen, boşluğun içinden geçen görünmez manyetik kuvvetin haritasıdır. Günümüzde bütün kuvvetlerin alanlar tarafından aktarıldığına inanıyoruz, bu nedenle hem modern fizik hem de bilimkurgu için önemli bir kavram.

Elektromanyetizma anlayışımız on yıllar boyunca, birkaç deneysel yasaya ait bilgiden ibaret olarak kaldı: Elektrik ve manyetizma yakın -hatta gizemli- bir şekilde birbirleriyle bağlantılıydı; bu ikisinin ışıkla aralarında bir tür ilişki söz konusuydu; bir de ilkel bir alan kavramı vardı. En azından on bir elektromanyetizma kuramı vardı ve her biri kusurluydu. Sonra 1860'larda, İskoç fizikçi James Clerk Maxwell, Faraday'in düşüncesini geliştirerek elektrik, manyetik ve ışık arasındaki yakın ve gizemli ilişkiyi açıklayan matematiksel bir çerçeveye oturttu. Sonuç, elektrik ve manyetik kuvvetleri aynı fiziksel varlığın, elektromanyetik alanın tezahürü olarak tanımlayan bir dizi denklem oldu. Maxwell elektriği ve manyetizmayı tek bir kuvvet içinde birleştirdi. Dahası, elektromanyetik alanın uzayda bir dalga olarak yayıldığını gösterdi. Bu

dalganın hızını gösteren rakam, birkaç yıl önce ölçmüş olduğu deneysel verilerin hesaplamalarıyla oluşan denklemlerinde ortaya çıktı. Ölçtüğü hızın, o zamanlar deneysel olarak yüzde birlik doğrulukla bilinen ışık hızına eşit olduğunu görmek onu şaşırttı. Işığın kendisinin bir elektromanyetik dalga olduğunu keşfetmişti!

Günümüzde elektrik ve manyetik alanları tanımlayan denklemlere Maxwell denklemleri deniyor. Çok az kişi bu denklemleri işitmiş olsa da, ticari anlamda bilinen en önemli denklemler. Ev aletlerinden bilgisayarlara her şeyin işleyişini sağlamakla kalmıyorlar, mikrodalga, radyo dalgaları, kızılötesi ışık ve X-ışınları gibi ışıktan farklı dalgaları tanımlamakta da kullanılıyorlar. Bütün bunlar, görebildiğimiz ışıktan yalnızca tek bir özellikle ayrılır; dalga boyları. Radyo dalgalarının boyu bir metre veya daha fazladır; oysa görünen ışığın dalga boyu bir metrenin birkaç on milyonda biri kadardır ve X-ışınlarının dalga boyu bir metrenin yüz milyonda birinden daha kısadır. Güneşimiz bütün dalga boylarında ışın yayar, ancak radyasyonu bizim için görünür olan bütün dalga boyları içinde en yoğun olandır. Çıplak gözle görebildiğimiz dalga boylarının Güneş’in en güçlü şekilde yansıttığı dalgalar olması muhtemelen bir rastlantı değildir: Gözlerimiz tam olarak o genişlikte elektromanyetik radyasyonu algılayabilecek yetenekte evrimleşmiştir, çünkü gözlerimiz için en uygun radyasyon düzeyi budur. Başka bir gezenden gelen varlıklarla karşılaşacak olursak, onların gözleri de kendi güneşlerinin en güçlü şekilde yaydığı radyasyonun, gezegenlerinin atmosferinde bulunan toz ve gazların ışık engelleyici özelliklerine göre değişen dalga boylarını “görecek” yeteneğe sahip olacaktır. Yani X-ışınlarını görme yeteneği olan bir uzaylı, havaalanı güvenliğinde iyi kariyer yapabilir.


KIRMIZI IŞIĞIN DALGA BOYU
MOR IŞIĞIN DALGA BOYU

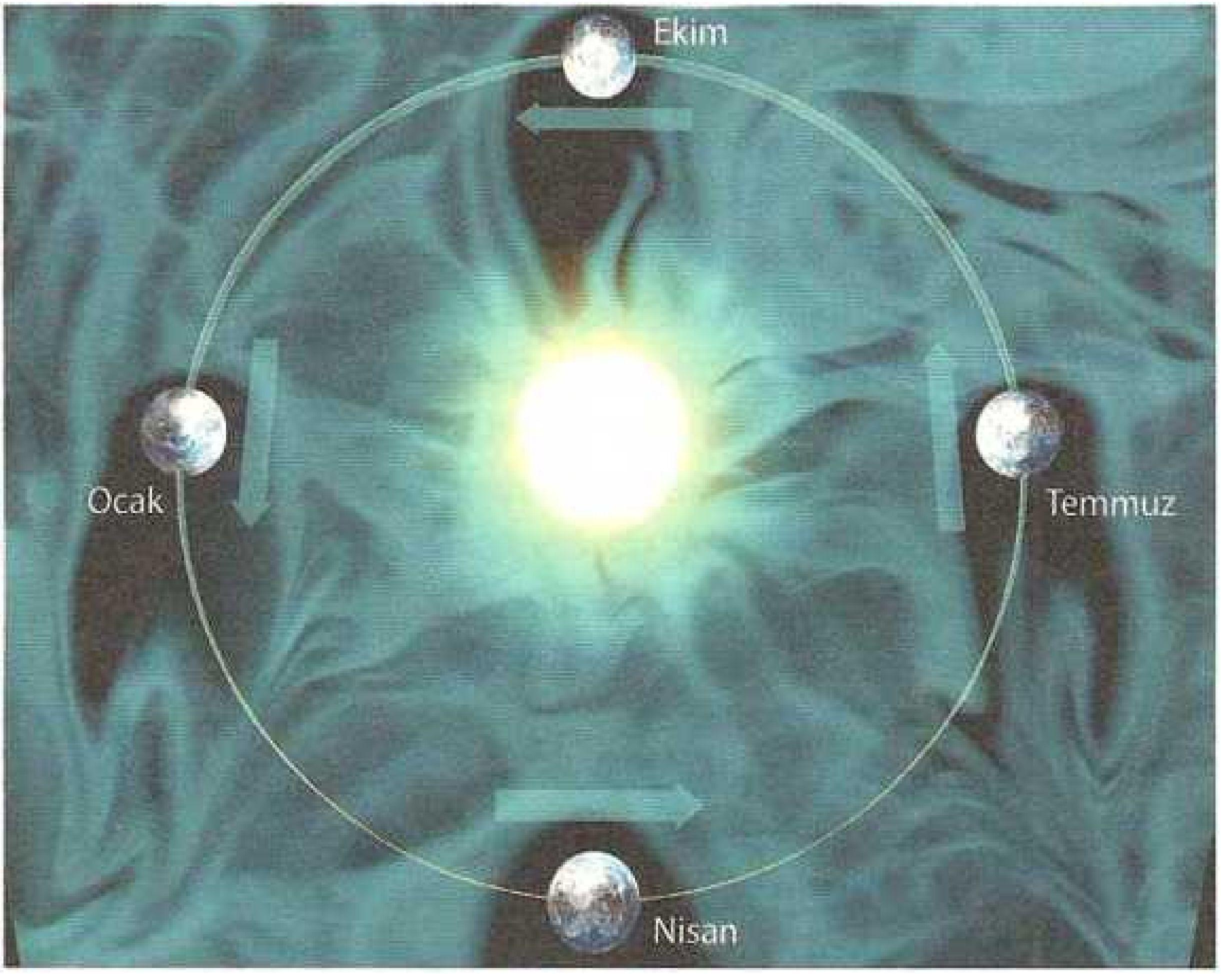
Dalga boyu Mikrodalgalar, radyo dalgaları, kızılötesi ışınlar, X-ışınları ve farklı renkteki ışıklar yalnızca dalga boylarındaki farklılıkla birbirlerinden ayrılırlar.

Maxwell denklemlerine göre elektromanyetik dalgalar saniyede 300.000 kilometre veya saatte 670 milyon mil hızla yolculuk yapar. Ancak, hızın ölçümüne ilişkin bir referans çerçevesi tanımlamadığınız sürece hız ölçüsü vermenin bir anlamı yoktur. Bu, genellikle günlük yaşamda hakkında düşünmenizi gerektiren bir durum değildir. Hız sınırı işareti saatte 60 mili gösteriyorsa, hızınız yola göre ölçülmüş demektir, Samanyolu'nun merkezindeki bir kara deliğe göre değil. Fakat günlük yaşam içerisinde bile referans çerçevelerini hesaba katmamız gereken durumlar olur. Örneğin, havadaki bir jetin içinde bir fincan çay taşıyorsanız, hızınızın saatte 2 mil olduğunu söyleyebilirsiniz. Ancak yerde duran biri hızınızın saatte 572 mil olduğunu söyleyecektir. Bu gözlemlerden birinin hakikate daha yakın olduğunu düşünseniz bile, Dünya Güneş'in etrafında döndüğü için, bir gökcisminden sizi izleyen biri her iki gözleme de karşı çıkacak ve sizin saniyede 18 mil hızla hareket ettiğinizi söyleyecek, üstelik klimalı uçağınızı kıskanacaktır. Bu anlaşmazlıkların ışığında, Maxwell, denklemlerinden çıkıveren "ışık hızını" keşfettiğini öne sürdüğünde doğal olarak sorulacak soru şuydu: Denklemlerdeki ışık hızı neye göre ölçülmüştü?

Maxwell'in denklemlerindeki hız parametresinin Dünya'ya göre ölçülmüş bir hız olduğunu düşünmemiz için bir neden yok. Her şeyden önce onun denklemleri bütün evrene uygulanabiliyor. Üzerinde bir süre durulan bir başka yanıt ise ışığın hızını tanımlayan denklemlerin, bütün uzayı kapladığı düşünülen ışık saçan eter, kısaca eter denilen ortama göre hesaplanmasıydı; Aristoteles, yerkürenin dışındaki bütün evreni doldurduğuna inandığı bu maddeye eter adını vermişti. Bu varsayımsal eter, tıpkı ses dalgalarının hava aracılığıyla yayılması gibi, elektromanyetik dalgaların yayılmasına aracılık eden ortam olarak düşünüldü. Eter gerçek olsaydı, hareketsizlik için (yani, etere göre hareketsiz olan her şey için) kesin bir ölçü olurdu ve böylece hareketi de kesin olarak tanımlamamızı sağlardı. Eter, bütün evrende herhangi bir nesnenin hızını ölçmek için tercih edilen bir referans çerçevesi olurdu. Böylece eter kuramsal düzeyde var sayıldı ve bazı bilimciler onu incelemenin, en azından varlığını

doğrulamanın bir yolunu bulmak için çalışmaya başladılar; onlardan biri de Maxwell’di.

Havanın içinden bir ses dalgasına doğru koşarsanız, dalga size daha hızlı yaklaşır, uzağa koşarsanız ses dalgası size daha yavaş ulaşır. Aynı şekilde eğer eter olsaydı, sizin etere göreli hareketinize bağlı olarak ışığın hızı değişiklik gösterecekti. Aslında eğer ışık ses gibi işliyor olsaydı, sesten hızlı bir jetteki insanların, uçağın arkasından yayılan sesi hiç duymamaları gibi, eterin içinde yeterince hızlı koşabilen yolcular bir ışık dalgasını geride bırakabilirlerdi. Benzeri düşüncelerden yola çıkan Maxwell bir deney önerdi. Eğer eter varsa, Dünya Güneş’in etrafında dönerken eterin içinde hareket ediyordu.


Ekim
Ocak
Temmuz
Nisan

Eter içinde hareket etmek Eğer eter içinde hareket ediyor olsaydık, mevsimsel değişiklikleri ışık hızında gözlemleyerek bu hareketi saptayabilmeliydik.

Dünya ocak, nisan veya temmuzda farklı yönde hareket ettiğinden -aşağıdaki resimde görüldüğü gibi- yılın değişik zamanlarında ışığın hızında küçücük de olsa farklılık gözlemlenmesi gerekiyordu.

Maxwell, düşüncelerini *Proceedings of Royal Society*'de yayımlamak istedi ama deneyin işe yarayacağını düşünmeyen editörü onu vazgeçirdi. Ancak 1879'da, kırk sekiz yaşında mide kanserinden ıstırap içinde ölmeden hemen önce Maxwell bir arkadaşına konuyla ilgili bir mektup gönderdi. Mektup onun ölümünden sonra *Nature* dergisinde yayınlandı ve okuyanlar arasında Albert Michelson adlı Amerikalı bir fizikçi de vardı. Maxwell'in düşüncelerinden ilham alan Michelson ve Edward Morley 1887'de, Dünya'nın eter içinde hareketini ölçmek üzere tasarlanmış çok hassas bir deney yaptılar. Amaçları iki farklı dik açıda ışık hızlarını ölçüp karşılaştırmaktı. Eğer ışık hızı etere oranla sabit sayıda ise, ölçümler ışının yönüne bağlı olarak farklılık gösteren ışık hızlarını ortaya koyacaktı. Ancak Michelson ve Morley herhangi bir farklılık gözlemlemediler.

Deneylerinin sonuçları, elektromanyetik dalgaların eter içinde hareket ettiği model ile açıkça çatışıyordu ve eter modelinin terk edilmesini gerektiriyordu. Ancak Michelson'ın amacı etere bağlı olarak Dünya'nın hızını ölçmekti, eter hipotezini kanıtlamak veya çürütmek değildi ve bulduğu şey onu eterin var olmadığı sonucuna götürmedi. Hiç kimse bu sonuca varmadı. Hatta ünlü fizikçi Sir William Thomson (Lord Kelvin) 1884'te eter için, "devinim konusunda emin olduğumuz tek maddedir. Hiç kuşku duymadığımız tek şey, ışık saçan eterin gerçekliği ve cisimselliğidir" diyordu.

Michelson-Morley deneyinin sonuçlarına rağmen eterin var olduğuna nasıl inanabiliriz? Bu gibi durumlarda sıklıkla görüldüğünü söylediğimiz gibi, insanlar zoraki ve geçici eklemelerle modeli kurtarmaya çalıştılar. Kimi Dünya'nın eteri kendisi ile birlikte sürüklediğini ileri sürdü, yani biz aslında etere göre hareket etmiyorduk. Hollandalı fizikçi Hendrik Antoon Lorentz ve İrlandalı fizikçi George Francis FitzGerald, etere göre hareketi esas alan bir çerçevede, muhtemelen henüz bilinmeyen mekanik etkiler nedeniyle, saatlerin yavaşlayabileceğini, mesafelerin azalabileceğini ve

dolayısıyla ışığın hızının aynı ölçülebileceğini savundular. Eter kuramını kurtarmak için gösterilen bu çabalar yaklaşık yirmi yıl daha, Berne'deki Patent Bürosu'nun genç ve tanınmamış memuru olan Albert. Einstein'a ait olağanüstü bir makale yayımlanıncaya kadar sürdü.

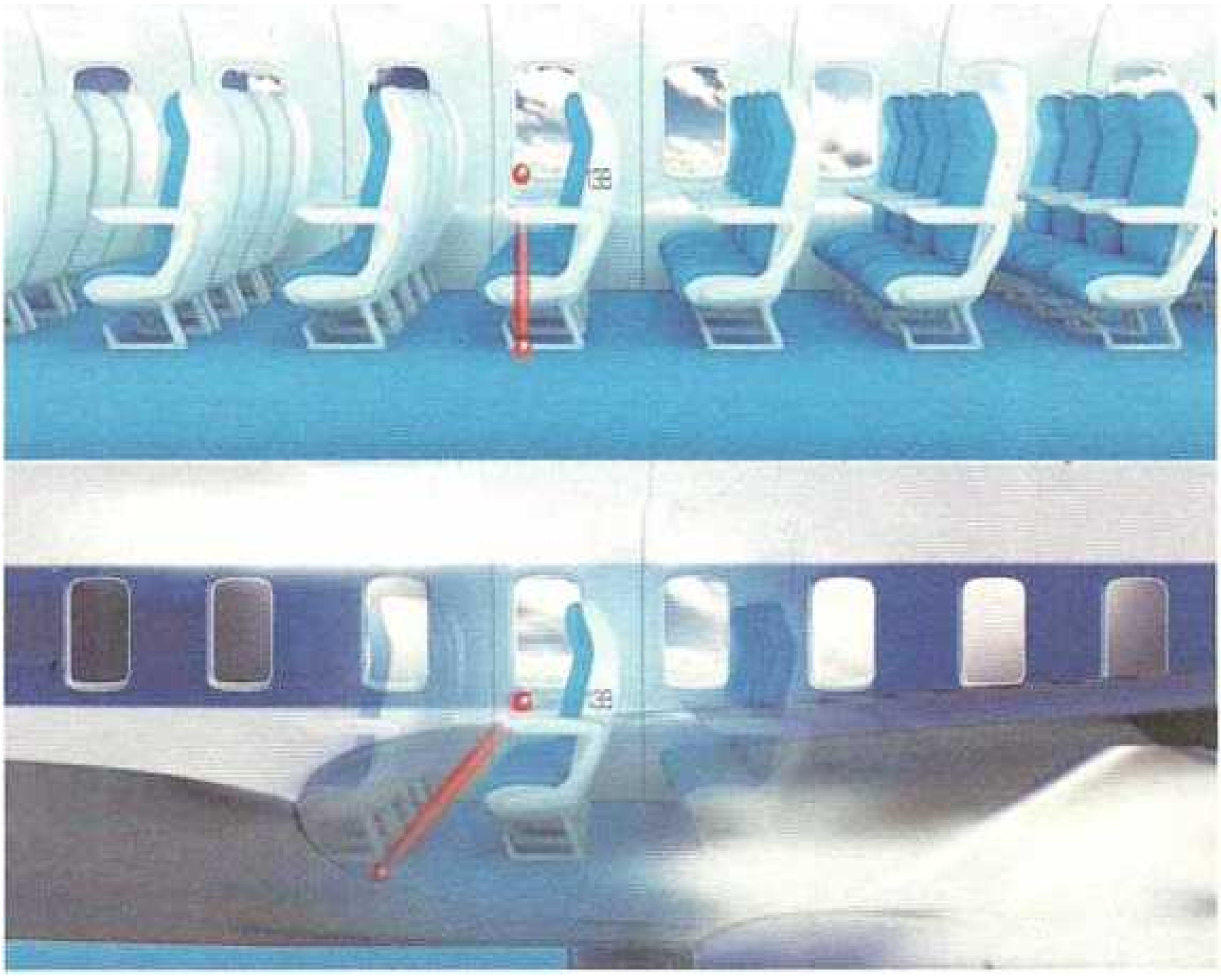
Einstein 1905 yılında "Zur Elektrodynamik bewegter Körper" (Hareketli Cisimlerin Elektrodinamiği Üzerine) adlı çalışmasını yayımladığında yirmi altı yaşındaydı. Bu çalışmasında yaptığı yalın varsayıma göre fizik yasaları özellikle de ışık hızı onlarla aynı biçimde hareket eden bütün gözlemciler için aynı olmalıydı. Bu varsayımın, uzay ve zaman kavramlarımızda bir devrim gerektirdiği ortaya çıktı. Niçin böyle olduğunu görmek için bir jet uçağının içinde aynı noktada ama farklı zamanlarda gerçekleşen iki olay düşünelim. Jet uçağının içindeki bir gözlemci için bu iki olay arasında sıfır uzaklık olacaktır. Ancak yerde bulunan bir başka gözlemci için iki olay, jetin yol aldığı mesafe kadar birbirinden uzak olacaktır. Buna göre, birbirine göreceli olarak hareket eden iki gözlemci, iki olayın birbirine uzaklığı konusunda anlaşamayacaklar dır.

Şimdi iki gözlemcinin bir uçağın kuyruğundan burnuna doğru giden bir ışık atışını izlediklerini varsayalım. Tıpkı yukarıdaki deneyde olduğu gibi, uçağın kuyruğundan yayılan ve burnuna ulaşan ışığın kat ettiği mesafe konusunda anlaşamayacaklardır. Hız, alınan mesafenin geçen zamana bölünmesi olduğuna göre, ışığın yol alma hızını -ışık hızını- kabul etseler bile, ışığın yayılma anıyla varış anı arasında geçen zaman konusunda uyuşmazlığa düşeceklerdir.

Bu durumu tuhaf kılan, iki gözlemcinin farklı zaman ölçümleri yapmalarına karşın *aynı fiziksel süreci* izliyor olmalarıdır. Einstein bunun için yapay bir açıklama oluşturma çabasına girmemiştir. Ürkütücü olsa bile mantıklı bir sonuca varmıştır: Geçen zamanın ölçümü, tıpkı alman mesafenin ölçümü gibi, ölçüm yapan gözlemciye bağlıdır. Bu etki, Einstein'ın 1905'teki makalesinde açıkladığı kuramın temel taşlarından biriydi ve sonra özel görelilik kuramı adını aldı.

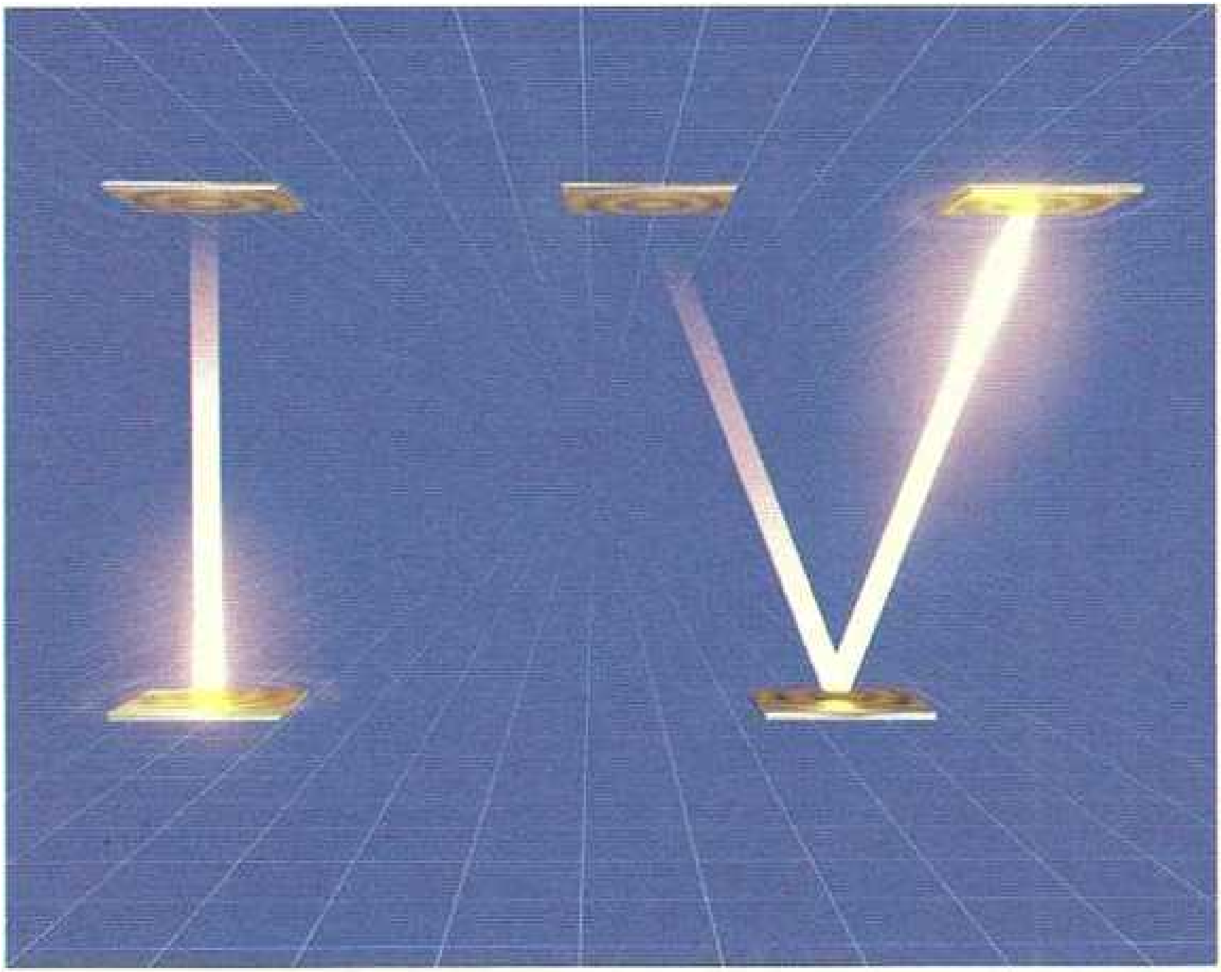
Bir saate bakan iki gözlemci olduğunu varsayarsak bu analizin zamanı gösteren araçlara nasıl uygulandığını görebiliriz. Özel görelilik kuramına göre, saate göre hareket etmeyen gözlemci için saat daha hızlı çalışacaktır, oysa saate göre hareket eden gözlemci için daha yavaş çalışıyor olacaktır. Uçağın kuyruğundan başlayıp, burnuna giden ışığı saatin vuruşlarına

benzetecek olursak, yerdeki gözlemci için saat daha yavaş vuracaktır, çünkü bu referans çerçevesinde ışık demeti daha büyük bir mesafe kat edecektir. Ancak bu etki saatin mekanizmasına bağlı değildir; bütün saatler için, hatta bizim biyolojik saatimiz için bile geçerlidir.



Jet uçağı Bir jet uçağının içinde bir top zıplatırsanız, uçağın içindeki bir gözlemci topun her zıplayışta aynı noktaya vurduğunu saptayacaktır, ancak yerdeki bir gözlemci için topun zıplama noktaları arasındaki mesafe büyüktür.

Einstein'ın çalışması zamanın Newton'ın düşündüğü gibi mutlak olamayacağını gösterdi, tıpkı eylemsizlik kavramında olduğu gibi. Diğer bir deyişle, her bir olaya bütün gözlemcilerin kabul ettiği bir zaman atfetmek olanaksızdır. Tersine, her gözlemcinin kendi zaman ölçümü vardır ve birbirine göreli olarak hareket eden iki gözlemcinin zaman ölçümleri farklı olacaktır. Einstein'ın düşünceleri bizim sezgilerimize terstir, çünkü günlük hayatımızda normal olarak karşılaştığımız hızlarda bu etkileri fark edemeyiz. Ancak doğrulukları defalarca yapılan deneylerle kanıtlanmış durumda. Örneğin Dünya'nın merkezinde hareketsiz duran bir saat düşünün; bir saat Dünya'nın yüzeyinde, bir diğeri de Dünya'nın dönüş yönünde veya ona ters uçmakta olan bir uçakta olsun. Dünya'nın merkezinde duran saati referans aldığımızda, doğuya doğru hareket eden uçaktaki saat -Dünya'nın dönüş yönünde- Dünya'nın yüzeyinde bulunan saatten daha hızlı hareket ediyor olacağından, ondan daha yavaş çalışacaktır. Aynı şekilde, Dünya'nın merkezindeki saati referans aldığımızda, batıya doğru uçmakta olan uçaktaki saat -Dünya'nın dönüş yönünün tersine- yüzeydeki saatten daha yavaş hareket edecektir ve bu, yüzeydeki saatten daha hızlı çalışacağı anlamına gelir. 1971 Ekimi'nde Dünya'nın etrafında uçurulan çok hassas atomik saatlerle yapılan deneyde tam olarak bu durumu gözlemledik.


IV

Zaman genleşmesi Hareket eden saatler yavaş çalışıyor gibi görünür. Bu biyolojik saatler için de geçerli olduğundan, hareket eden insanlar daha yavaş yaşlanıyormuş gibi görünür, ancak fazla umutlanmayın, aradaki farkı ölçebilecek normal bir saat yoktur.

Yani Dünya'nın etrafında durmadan doğuya doğru uçarsanız, bu esnada uçakta gösterilecek filmleri tekrar tekrar izlemekten muhtemelen sıkılacak olsanız da, hayat sürenizi uzatabilirsiniz. Ancak bu etki çok küçüktür: Her dönüşte saniyenin 180 milyarda biri kadar (ayrıca çekim gücündeki farklılığın yarattığı etkiler yüzünden bu değer daha da küçülebilir, ama burada o konuya girmemize gerek yok).

Einstein'ın çalışmaları sayesinde fizikçiler anladılar ki, ışık hızı her referans çerçevesinde aynıdır ve Maxwell'in elektrik ve manyetizma kuramına göre zaman üç boyutlu uzaydan ayrı olarak ele alınamaz. Zaman ve uzay birbirine geçmiştir. Bu, her zamanki sol/sağ, ön/arka ve üst/alt yönlerine dördüncü bir gelecek/geçmiş yönü eklemeye benziyor. Fizikçiler uzay ve zamanın bu evliliğine "uzay-zaman" adını verdi ve uzay-zaman dördüncü bir yön içerdiğinden buna dördüncü boyut dediler. Uzay-zamanda zaman, uzayın üç boyutundan ayrı değildir; tıpkı sol/sağ, ön/arka, üst/alt tanımlarının gözlemcinin yönelimine bağlı olması gibi, zamanın yönü de gözlemcinin hızına bağlı olarak farklılık gösterir. Farklı hızlarda hareket eden gözlemciler, uzay-zaman içinde zaman için farklı yönler seçebilirler. Einstein'ın özel görelilik kuramı bu nedenle, mutlak zaman ve mutlak eylemsizlik (sabit etere göre eylemsizlik) gibi kavramlardan kurtulan yeni bir modeldi.

Einstein çok geçmeden, görelilik ile çekimi uyumlu hale getirmek için başka bir değişikliğin daha gerekli olduğunu fark etti. Newton'ın kütleçekim kuramına göre nesneler herhangi bir zamanda, aralarında o anda bulunan uzaklığa bağlı olarak birbirlerini çekerler. Ancak görelilik kuramı mutlak zaman kavramını ortadan kaldırdığı için, kütleler arası uzaklığın ne zaman ölçülmesi gerektiğini tanımlamanın hiçbir yolu yoktu. Yani Newton'ın kütleçekim kuramı özel görelilik kuramıyla uyumlu değildi ve değiştirilmesi gerekiyordu. Bu uyumsuzluk yalnızca teknik bir zorluk, hatta kuramda bir değişiklik yapılmasını pek gerektirmeden

etrafından dolaşılabilecek küçük bir ayrıntı olarak görülebilir. Ancak, bunun hakikatten ne kadar uzak düştüğü ileride görülecekti.

Sonraki on bir yıl boyunca Einstein yeni bir kütleçekim kuramı geliştirdi ve buna da genel görelilik adını verdi. Genel görelilik kuramındaki kütleçekim kavramı Newton'ınkine hiç benzemez. Tersine, uzay-zamanın daha önce düşünüldüğü gibi düz olmadığını, kütle ve enerjisi tarafından bükülüp bozulduğunu öne süren devrimci bir taslağı temel alır.

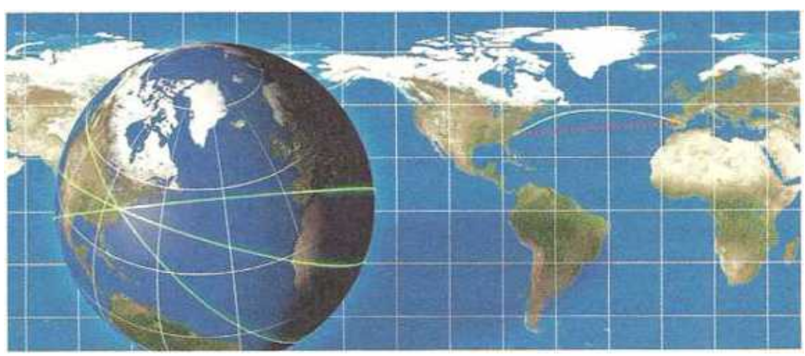
Bükülmeyi gözümüzde canlandırmanın iyi bir yolu Dünya'nın yüzeyini düşünmektir. Dünya'nın yüzeyi sadece iki boyutlu olmakla birlikte (kuzey/güney ve doğu/batı olarak yalnızca iki yönü vardır) onu örnek olarak kullanacağız çünkü bükülmüş iki boyutlu bir uzayı hayal etmek, bükülmüş dört boyutlu uzayı hayal etmekten daha kolaydır. Dünya'nın yüzeyi gibi eğik uzayın geometrisi, bizim aşina olduğumuz Öklid geometrisinden farklıdır. Örneğin Dünya'nın yüzeyinde iki nokta arasındaki en kısa mesafe - biz bunu Öklid geometrisinde düz çizgi olarak biliriz- iki noktayı birbirine bağlayan, büyük daire adı verilen bir yoldur. (Büyük daire, merkezi Dünya'nın merkezi ile çakışan, Dünya yüzeyindeki bir dairedir. Ekvator büyük daire için bir örnektir, tıpkı ekvatoru farklı ölçülerde döndürerek elde edilecek tüm daireler gibi.)

Diyelim ki, neredeyse aynı enlem üzerindeki iki şehir arasında yolculuk edeceksiniz; örneğin New York'tan Madrid'e gitmek istiyorsunuz. Dünya düz olsaydı en kısa yol dosdoğru doğuya giden yol olurdu ve 3.707 mil kat ettikten sonra Madrid'e varırdınız. Ancak Dünya'nın eğimi yüzünden, düz bir haritada eğik ve dolayısıyla daha uzun görünen, oysa daha kısa olan bir yol vardır. Eğer önce kuzeydoğuya, sonra aşamalı olarak doğuya ve nihayet güneydoğuya uzanan büyük-daire hattını izlerseniz 3.605 mil sonra Madrid'e varırsınız. İki güzergâh arasındaki uzaklık farkı Dünya'nın eğiminden kaynaklanır ve onun Öklid'inkine uymayan geometrisine işaret eder. Havayolu şirketleri bunu bilir ve kullanışlı olduğu durumlarda pilotlarının büyük-daire rotasını izlemelerini sağlar.

Newton'ın hareket yasasına göre gülle, kruvasan ve gezegen gibi cisimler kütleçekim kuvveti gibi bir kuvvet etki etmedikçe düz bir çizgi üzerinde hareket ederler. Ancak Einstein'ın kuramındaki kütleçekim kuvveti diğerleri gibi bir kuvvet değildir; daha ziyade kütlenin uzay-zamanı bükmesiyle yarattığı eğriliğin bir sonucudur. Einstein'ın kuramında nesneler, eğik bir uzayda düz çizgiye en yakın şey olan jeodezikler

üzerinde hareket ederler. Düz bir düzlemdeki jeodezikler çizgilerdir, Dünya'nın yüzeyindeki jeodezikler ise büyük dairelerdir. Maddenin yokluğunda dört boyutlu uzay-zaman içindeki jeodezikler, üçboyutlu uzay içindeki düz çizgilere denk düşer. Ancak maddenin varlığı söz konusu olduğunda uzay-zaman değişikliğe uğrayacağından üç boyutlu uzayda cisimlerin yolları, çekim kuvvetiyle açıklanan Newton kuramındaki gibi bükülür. Uzay-zaman düz değilse, nesnelerin yolları eğri görünür, onlara bir kuvvet etki ediyormuş izlenimi verir.

Einstein'ın genel görelilik kuramı, çekim olmadığında özel görelilik kuramım tekrarlar ve tamamen olmasa bile, Newton çekim kuramının Güneş sistemimizin zayıf çekim ortamıyla ilgili öngörüleriyle neredeyse aynı öngörülerde bulunur. Aslında GPS uydu navigasyon sistemlerinde genel görelilik kuramı hesaba katılmasaydı, küresel konumlara ilişkin hesap hataları her gün başına on kilometre kadar artardı! Yine de genel görelilik kuramı-



Jeodezikler Dünyanın yüzeyindeki iki nokta arasındaki en kısa mesafe, düz bir harita üzerinde çizildiğinde eğri olarak görünür. Alkol testine girerseniz aklınızda bulunsun.

nı asıl önemli kılan yeni restoranlar bulmanızı sağlayan cihazlardaki uygulamalar değil, çekim dalgaları ve kara delikler gibi yeni öngörülerde bulunan çok farklı bir evren modeli olmasıdır. Genel görelilik kuramı fiziği geometriye dönüştürmüştür. Modern teknoloji genel görelilik kuramını sınayabildiğimiz pek çok hassas deney yapmamızı olanaklı kılmıştır ve kuram her sınavdan geçmiştir.

Maxwell'in elektromanyetizma kuramı, Einstein'ın genel görelilik kuramı fizikte devrim yapmış olsalar da, Newton fiziği gibi klasik

kuramlardır. Yani bu modellerde evrenin tek bir geçmişi vardır. Önceki bölümde gördüğümüz gibi bu modeller atom ve atomaltı düzeylerde gözlemlerle bağdaşmıyor. Bunların yerine, her biri kendi yoğunluğuna veya kendi olasılık genliğine sahip olası her geçmişi içeren bir evren modeli sunan kuantum kuramını kullanmalıyız. Günlük hayatla ilgili pratik hesaplamalar için klasik kuramları kullanmaya devam edebiliriz, ancak atomların veya moleküllerin davranışlarını anlamak istiyorsak Maxwell'in elektromanyetizma kuramının kuantum uyarlamasına ihtiyacımız var; eğer evrenin ilk zamanlarını, bütün madde ve enerjinin küçücük bir hacme sıkışmış olduğu zamanları anlamak istiyorsak genel görelilik kuramının kuantum uyarlamasına ihtiyacımız var. Bu uyarlamalara ihtiyacımız var çünkü bazı yasalar kuantum iken, diğerleri klasik olarak kalsaydı tutarlı bir doğa anlayışına sahip olamazdık. Bu nedenle bütün doğa yasalarının kuantum uyarlamalarını bulmalıyız. Bu türden kuramlara kuantum alan kuramları denir.

Doğanın bilinen kuvvetleri dört sınıfa ayrılır:

1. *Kütleçekim kuvveti.* Bu dördü arasında en zayıf olandır ama uzun menzilli bir kuvvettir ve çekim kuvveti olarak evrendeki her şeyi etkiler. Büyük cisimlerin çekim kuvvetleri birbirine eklenir ve diğer tüm kuvvetlere hükmedebilir.

2. *Elektromanyetizma.* Bu da uzun menzilli bir kuvvettir ve çekim kuvvetinden çok daha güçlüdür, ancak sadece elektrik yükü olan parçacıkları etkiler; aynı işareti taşıyan yükler arasında itme, farklı işaretleri taşıyan yükler arasında çekim etkisi yaratır. Yani büyük cisimler arasındaki elektrik kuvvetleri birbirlerini ortadan kaldırır, ama atom ve moleküller düzeyinde hüküm süren onlardır. Elektromanyetik kuvvetler bütün kimyanın ve biyolojinin sorumlusudur.

3. *Zayıf Nükleer Kuvvet.* Radyoaktiviteye neden olur. Erken evrendeki ve yıldızlardaki elementlerin oluşmasında hayati bir görevi vardır. Ancak günlük yaşamımızda bu kuvvetle karşılaşmayız.

4. *Güçlü Nükleer Kuvvet.* Atomun çekirdeğindeki protonları ve nötronları bir arada tutar. Ayrıca protonların ve nötronların kendilerini de

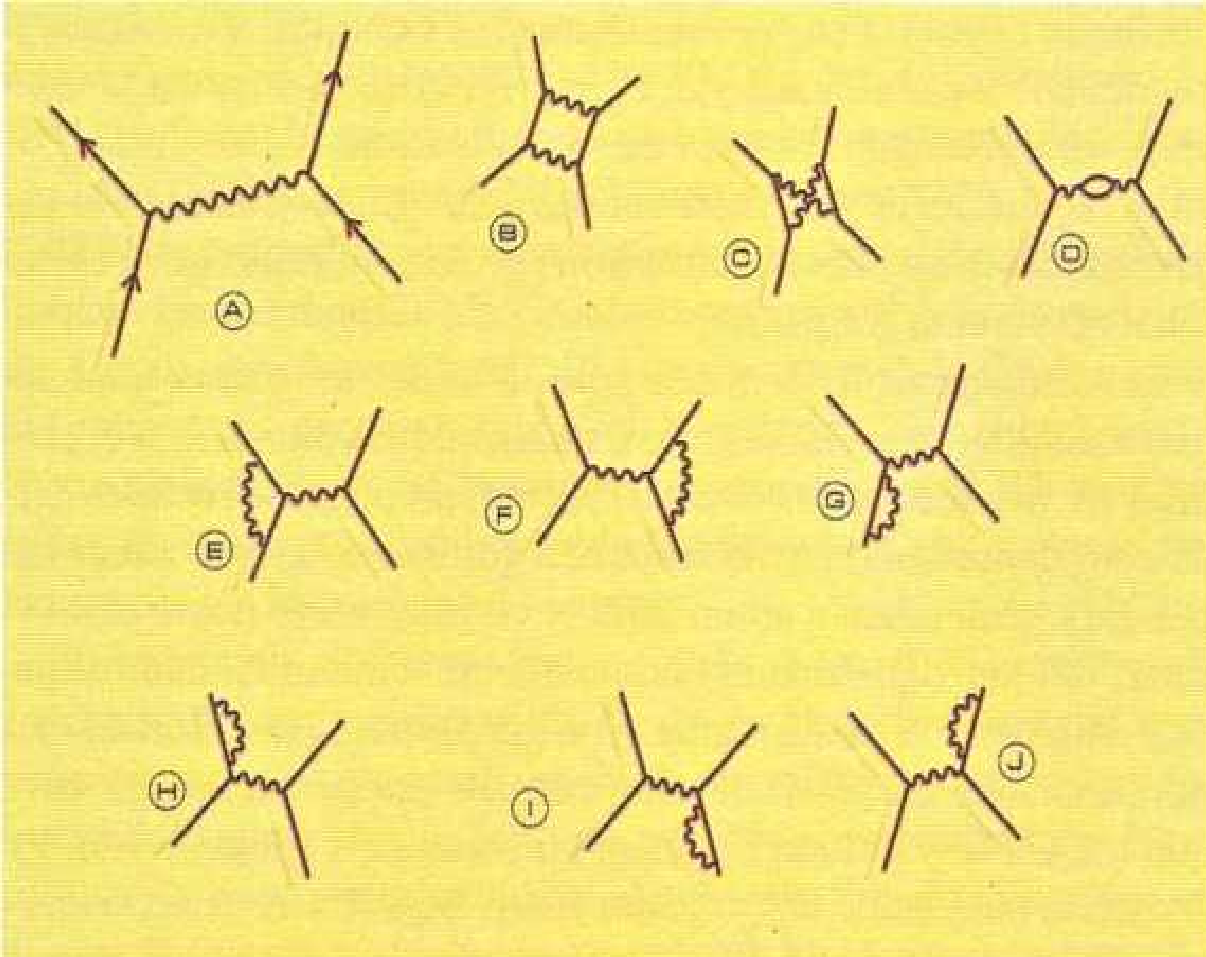
bir arada tutar; bu önemlidir çünkü proton ve nötronlar da kuark adını verdiğimiz çok daha küçük parçacıklardan oluşmaktadır. Güçlü nükleer kuvvet güneş ve nükleer güç için enerji kaynağıdır, ama zayıf nükleer güçte olduğu gibi onunla da doğrudan bir ilişkimiz yoktur.

Kuantum uyarlaması yapılan ilk kuvvet elektromanyetizma olmuştur. Kuantum elektrodinamiği veya kısaca KED denilen elektromanyetik alanın kuantum kuramı 1940'larda Richard Feynman ve diğerleri tarafından geliştirildi ve bütün kuantum alan kuramlarına model oluşturdu. Belirtmiş olduğumuz gibi klasik kuramlarda kuvvetler alanlar tarafından aktarılırlar. Ancak kuantum alan kuramlarında kuvvet alanları, bozon denilen çeşitli temel parçacıklardan oluşmuştur; bozonlar kuvvet taşır, madde ve parçacık arasında gidip gelerek kuvvetin aktarılmasını sağlarlar. Madde parçacıklarına fermiyonlar denir. Elektronlar ve kuarklar fermiyonlara örnektir. Foton veya ışık parçacığı, bozona örnektir. Elektromanyetik kuvveti ileten bozondur. Bir madde parçacığı (örneğin bir elektron) bir bozon veya kuvvet parçacığı yayar ve geri teper, tıpkı mermisini fırlattıktan sonra geri tepen bir top gibi. Sonra kuvvet parçacığı bir başka madde parçacığı ile çarpışarak soğrulur ve o parçacığın hareketini değiştirir. KED'e göre yüklü parçacıklar -elektromanyetik kuvvetin etkidiği parçacıklar- arasındaki bütün etkileşim, foton değişimi kavramıyla tanımlanır.

KED'in öngörüleri test edilmiş ve deney sonuçlarıyla büyük bir uyumluluk gösterdikleri anlaşılmıştır. Ancak KED'in gerektirdiği matematiksel hesaplamaları yapmak zor olabilir. Ama aşağıda göreceğimiz üzere sorun şudur: Yukarıdaki parçacık değişimi çerçevesine bir kuantum koşulu olarak etkileşimin gerçekleşmesini sağlayan parçacığın bütün geçmişleri içeriyor olmasını da eklediğinizde -örneğin, kuvvet parçacıkları her biçimde takas edilebilir- matematiksel hesaplamalar oldukça karmaşık hale gelir. Bereket versin ki, Feynman alternatif geçmişler kavramını -önceki bölümde anlattığımız kuantum kuramları hakkında düşünme yöntemi- geliştirmenin yanı sıra, farklı geçmişleri açıklamak için çok iyi bir grafik yöntem de geliştirmiştir ve bu yöntem günümüzde sadece KED'e değil, bütün kuantum alan kuramlarına uygulanmaktadır.

Feynman'ın grafik yöntemi, geçmişler toplamı içindeki her kavramı gözümüzde canlandırabilme olanağı sağlar. Feynman diyagramları denilen

bu resimler modern fiziğin en önemli araçlarından biridir. KED’de bütün olası geçmişler toplamı, bir Feynman diyagramları toplamı olarak temsil edilebilir; diyagramlar elektromanyetik kuvvet ile birbirinden uzaklaşan iki elektronun gideceği bazı olası yönleri gösterir. Bu diyagramlardaki düz çizgiler elektronları, dalgalı çizgiler fotonları temsil eder. Zamanın aşağıdan yukarıya doğru ilerlediği düşünülür ve çizgilerin birleştiği yerler fotonların çıktığı veya elektron tarafından soğurulduğu noktalara denk gelir. Resimde gördüğünüz (A) diyagramı birbirine yaklaşan, bir foton takas eden ve yollarına devam eden iki elektronu gösterir. İki elektronun elektromanyetik olarak en basit etkileşimi budur, ama biz bütün olası geçmişleri düşünmek zorundayız. Bu nedenle (B) gibi diyagramları da eklememiz gerekir. Bu diyagramda da iki çizgi -iki elektron- birbirine yaklaşır ve iki çizgi birbirinden uzaklaşır, ama elektronlar birbirlerinden uzaklaşmadan önce iki foton takas etmişlerdir.


A
B
C
D
E
F
G
H
I
J

Feynman diyagramları Bu diyagramlar iki elektronun birbirine çarpıp saçılması sürecini gösterir.

Aşağıdaki diyagramlar olasılıkların ancak birkaçını resmediyor; aslında matematiksel olarak açıklanması gereken sonsuz sayıda diyagram vardır.

Feynman diyagramları yalnızca etkileşimin nasıl olabileceğini resmeden ve bu etkileşimleri sınıflandıran zekice bir yöntem değildir. Feynman diyagramları, her bir çizgiyi ve köşeyi matematiksel bir tanım olarak okumamızı sağlayan kurallar içerir. İki elektronun verili bir başlangıç momentumu ile birbirine yaklaşma ve sonunda belirli bir nihai momentumla uzaklaşma olasılığı, her bir Feynman diyagramının katkısının toplanmasıyla elde edilir. Bu epeyce bir çalışma gerektirir, çünkü belirttiğimiz gibi sonsuz sayıda diyagram vardır. Dahası, gelen ve uzaklaşan elektronlara belirli bir enerji ve momentum verilmiş olsa da, diyagramın içindeki kapalı döngülerde kalan parçacıklar herhangi bir enerjiye ve momentuma sahip olabilir. Bu önemlidir, çünkü Feynman toplamını oluştururken yalnızca bütün diyagramların toplamı alınmaz, bütün enerji ve momentum değerleri de toplanır.

Feynman diyagramlarının KED tarafından tanımlanan sürecin olasılıklarını görebilmek ve hesaplayabilmek için fizikçilere yardımı muazzam olmuştur. Ancak kuramın önemli bir sorununu çözmeye yetemediler: Sonsuz sayıdaki farklı geçmişin katkısını topladığınızda, elde edeceğiniz sonuç da sonsuz olacaktır. (Sonsuz bir toplamdaki ardışık terimler yeterince hızlı azalırlarsa toplamın sonlu olması mümkündür, ancak ne yazık ki bahsettiğimiz durumda böyle bir şey gerçekleşmiyor.) Özellikle, Feynman diyagramları toplandığında yanıt elektronun sonsuz bir kütleye ve yüke sahip olduğuna işaret eder. Bu saçmadır, çünkü kütleyi ve yükü ölçebiliyoruz ve bunlar sonsuz değil. Bu sonsuzluklarla başa çıkabilmek için renormalizasyon (yeniden normalleştirme) denilen bir yöntem geliştirildi.

Renormalizasyon işleminde sonsuz ve negatif olarak tanımlanan nicelikler öyle dikkatli matematiksel hesaplamalarla çıkarılırlar ki, negatif sonsuz değerlerin toplamı pozitif sonsuz değerlerin toplamını neredeyse tamamen götürür ve geriye kalan küçük fark gözlemlenen sonlu kütleyi ve yükü verir. Böyle manevraları okulda yaptığınızda matematik sınavından

kalmanıza neden olabilirler ve renormalizasyon gerçekten matematiksel olarak şüphelidir. Bu yöntemle elde edilen sonuçlardan biri, elektronun kütlesi ve yükünün herhangi bir sonlu sayı olabilmesidir. Fizikçilerin bir şekilde doğru yanıtı veren negatif sonsuzları seçmelerindeki çıkar bu olabilir, ancak bu işlemin sakıncası kuramın elektronun yükü ve elektriğini öngörememesidir.



Feynman diyagramları Richard Feynman üzerinde Feynman diyagramları çizili olan o ünlü minibüsü kullanırdı. Sanatçının çizimleri yukarıda tartıştığımız diyagramları gösteriyor. Feynman 1988'de öldü ama minibüsü California Teknik Üniversitesi'nin garajında duruyor.

Ancak elektronun yükünü ve kütlesini bu şekilde sabitlediğimizde KED'i kullanarak pek çok doğru öngörüde bulunabiliriz ve hepsi de gözlemlerimizle tam olarak uyuşur; dolayısıyla renormalizasyon KED'in temel unsurlarından biridir. KED'in ilk başarılarından biri 1947'de; Lamb kayması adı verilen, hidrojen atomunun bir düzeyindeki küçük enerji değişikliğini öngörebilmesiydi.

KED'de renormalizasyonun başarısı, doğanın diğer üç kuvvetini tanımlayan kuantum alan kuramlarını aramak için cesaret verdi. Ancak doğa kuvvetlerini dört sınıfa ayırmak belki de yapay bir çabaydı ve bizim anlayış eksikliğimizden kaynaklanıyordu. Bu nedenle dört kuvveti kuantum kuramıyla uyumlu tek bir yasa içinde birleştirecek olan her şeyin kuramı aranmaya başlandı. Bu kuram, fiziğin kutsal kâsesi olacaktı.

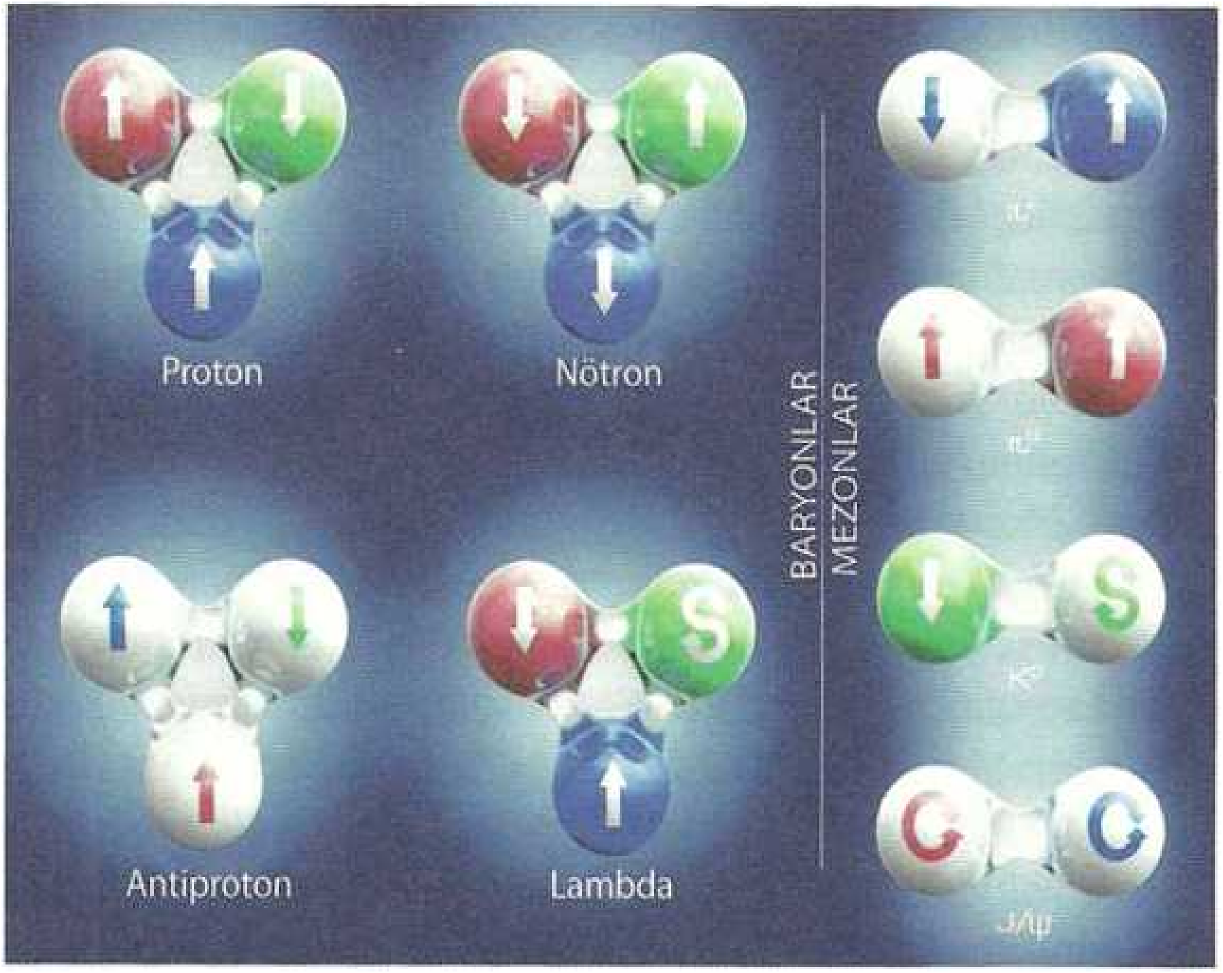
Bu birleşimin doğru yaklaşım olduğuna işaret eden ilk belirti zayıf kuvvet kuramından geldi. Kuantum alan kuramı, zayıf kuvvetin tek başına renormalize edilemeyeceğini söylüyor; yani bu kuramdaki sonsuzluklar kütle ve yük gibi sonlu değerlerin çıkarılmasıyla geçersiz kılınamıyor. Ancak 1967'de Abdüsselam ve Steven Weinberg birbirinden ayrı olarak elektromanyetizmanın zayıf güçle birleştirildiği bir kuram önerdiler ve bu birleşmenin sonsuzluklar vebasına deva olduğunu buldular. Bu birleşik kuvvete elektrozayıf kuvvet adı verildi. Bu kuram renormalize edilebildi ve W+, W-, Z°adı verilen yeni parçacıklar öngördü. Z° için kanıt Cenevre'deki CERN'de 1973'te bulundu. Z ve W parçacıkları ancak 1983'te doğrudan gözlemlenebilse de, Abdüsselam ve Weinberg 1979'da Nobel Ödülü aldılar.

Kuantum kromodinamikleri veya KKD denilen kuramda güçlü kuvvet kendi başına renormalize edilebiliyor. KKD'ye göre proton, nötron ve maddenin pek çok temel parçacığı kuarklardan meydana gelmiştir; kuarklar fizikçilerin renk dedikleri çarpıcı bir özelliğe sahiptir (bu nedenle kromodinamikler adı verilmiştir; yine de, kuark renkleri sadece sınıflandırmaya yardımcı olan etiketlerdir, görülebilen renklerle bir ilişkileri yoktur). Kuarkların sözde renkleri kırmızı, yeşil ve mavidir.

Dahası her kuarkın bir karşı parçacık eşi vardır ve bunların renkleri de karşı-kırmızı, karşı-yeşil ve karşı-mavidir. Mesele şudur; yalnızca net renklere sahip olmayan birleşimler özgür parçacıklar olarak var olur. Bu tür nötrkuark birleşimleri elde etmenin iki yolu vardır. Bir renk ve onun karşı rengi birbirini geçersiz kılar ve böylece kuark ve karşı-kuark renksiz bir çift oluştururlar ve bu kararsız parçacığa mezon adı verilir. Ayrıca, üç renk (veya karşı-renkleri) birbirine karıştığında ortaya çıkan net renk olmaz. Her biri ayrı renge sahip üç kuark baryon denilen kararlı parçacıkları oluşturur; protonlar ve nötronlar kararlı parçacıklara örnektir (üç karşı-parça- cık da baryonların karşı-parçacıklarını oluşturur). Proton ve nötronlar atomun çekirdeğini oluşturan ve evrendeki bütün normal maddenin temeli olan baryonlardır.

KKD ayrıca, üçüncü bölümde işaret ettiğimiz ama ondan bahsetmediğimiz asimptotik özgürlük adlı bir özelliğe de sahiptir. Asimptotik özgürlük şu anlama gelir: Kuarklar birbirine çok yakınken aralarındaki güçlü kuvvet zayıftır ama kuarklar birbirinden uzaklaşırsa sanki bir lastik bantla bağlıymışlar gibi bu kuvvet artar. Asimptotik özgürlük, kuarkları tek başına neden doğada gözlemleyemediğimizi ve neden laboratuvarda üretemediğimizi açıklar. Kuarkları tek başına gözlemleyemesek de, modeli kabul ediyoruz çünkü proton, nötron ve diğer madde parçacıklarını açıklamada çok iyi iş görüyor.

Zayıf ve elektromanyetik kuvvetleri birleştirdikten sonra 1970’lerde fizikçiler güçlü kuvveti de bu kurama dahil etmenin yollarını aramaya başladılar.



Proton
Nötron
Antiproton
Lambda
BARYONLAR
MEZONLAR
S
S
J/ψ

Baryonlar ve mezonlar Baryonların ve mezonların güçlü kuvvet tarafından birbirlerine bağlanan kuarklardan meydana geldiği söylenir. Böyle parçacıklar çarpıştıklarında kuarklarını takas ederler, ancak kuarklar tek başlarına gözlenemezler.

Güçlü kuvveti zayıf ve elektromanyetik kuvvetlerle birleştiren birkaç büyük birleşik kuramın öngörülerine göre bizim yapı taşımız olan protonlar ortalama 10^{32} yıl sonra bozulacaklardı. Evrenin 10^{10} yaşında olduğu düşünülürse bu çok uzun bir yaşam süreci. Ancak kuantum fiziğinde bir parçacığın ortalama yaşam süreci 10^{32} yıl dediğimizde bütün parçacıkların bu kadar süre yaşayacağını söylemiyoruz, kimi biraz daha uzun, kimi biraz daha kısa yaşayacaktır. Bunun yerine, bir parçacığın her yıl 10^{32}'de 1 bozunma olasılığı olduğunu söylüyoruz. Sonuç olarak 10^{32} protonla dolu bir tankı birkaç yıl boyunca izlerseniz, bazı protonların bozunduğunu görürsünüz. Böyle bir tank yapmak çok zor değil, çünkü sadece bin ton suda bile 10^{32} proton bulunur. Bilim insanları bunun gibi deneyler yaptılar. Ancak ortaya çıktı ki, bozunmaları saptamak ve bunları üzerimize sürekli yağan kozmik ışınların yol açtığı farklı olaylardan ayırt etmek kolay bir iş değil. Kozmik gürültüyü en aza indirmek için deneyler Japonya'daki bir dağın bin metre kadar altında, Kamioka Madencilik ve Döküm Şirketi'nin madenleri gibi derin yerlerde gerçekleştirildi ve böylece kozmik ışınlardan da bir dereceye kadar korunmuş oldu. Araştırmacılar, 2009'daki gözlemlerin sonuçlarına göre, proton bozunsa bile yaşam süresinin 10^{34} yıldan fazla olacağını buldular ki, bu büyük birleşik kuram için kötü haberdi.

Daha önceki gözlemler de büyük birleşik kuramı desteklemediğinden çoğu fizikçi standart model denilen geçici bir kuramı kabul ettiler; standart model ile KKD'yi birleştiren kuramı güçlü kuvvetler kuramı olarak kabul ettiler. Ancak standart modelde elektrozayıf kuvvet ile güçlü kuvvetler birbirlerinden ayrı iş görüyorlar ve gerçekten birleşmiyorlar. Standart model çok başarılı ve bugünün gözlemlere dayanan kanıtlarıyla uyuşuyor, ama nihai olarak tatmin edici değil, çünkü elektrozayıf kuvvetle güçlü kuvvetleri birleştirmediği gibi, kütleçekim kuvvetini de içermiyor.

Güçlü kuvvet ile elektromanyetik ve zayıf kuvvetlerin bir araya getirilmesindeki güçlükler, çekim kuvvetini diğer üçü ile birleştirme veya kütleçekim kuvvetinin bağımsız kuantum kuramını yaratma sorunuyla

karşılaştırıldığında hiç kalır. Kütleçekimin kuantum kuramını yaratmanın bu kadar zor olması Heisenberg'in belirsizlik ilkesiyle ilişkilidir, bu ilkeyi dördüncü bölümde tartıştık. Çok açık olmamakla birlikte bu ilkeyle bağlantılı olarak bir alanın değeri ve değişim oranı, bir parçacığın konumu ve hızıyla aynı rolü oynuyor. Yani biri ne kadar doğru olarak belirlenirse, diğeri o kadar az doğrulukta belirlenebiliyor. Bunun önemli bir sonucu boş uzay diye bir şeyin olmamasıdır.


S. Harris

"Korkarım bir kutu içine almak onu birleşik kuram haline getirmez."

Çünkü boş uzay demek, bir alanın hem değerinin hem de değişim oranının tam olarak sıfır olması demektir. (Eğer alanın değişim oranı sıfır değilse uzay boş olarak kalmayacaktır.) Belirsizlik ilkesi hem alanın hem de değişim oranının kesin olmasına izin vermediği için uzay asla boş değildir. Uzay minimum enerji durumunda olabilir ve bu duruma vakum denir; bu bir kuantum gecikmesi veya vakum dalgalanmasıdır - parçacıklar ve alanlar titreşerek var olur ve yok olurlar.

Vakum dalgalanmaları bir çift parçacığın bir zamanda birlikte ortaya çıkmaları, ayrılmaları ve sonra yeniden bir araya gelerek birbirlerini yok etmeleri olarak düşünülebilir. Feynman diyagramları açısından bu durum kapalı döngülere denk düşer. Bu parçacıklara sanal parçacıklar denir. Gerçek parçacıkların tersine sanal parçacıklar parçacık dedektörü ile gözlenemez. Ancak dolaylı etkileri, örneğin elektron yörüngelerindeki küçük enerji değişimleri ölçülebilir ve kuramsal öngörülerle dikkat çekecek doğrulukta örtüşür. Sorun şu ki, sanal parçacıkların enerjileri vardır ve sonsuz sayıda sanal parçacık olduğu için enerjileri de sonsuz miktarda olacaktır. Genel görelilik kuramına göre bu, sanal parçacıkların evreni sonsuz küçüklükte bir ölçeğe kadar bükebilecekleri anlamına gelir, ancak bunun gerçekleşmediği ortadadır!

Bu sonsuzluklar sorunu güçlü, zayıf ve elektromanyetik güçlerde ortaya çıkan soruna benzemekte, ama bu kuvvetlerde renor- malizasyon sonsuzlukları ortadan kaldırıyor. Ancak Feynman'ın çekim kuvvetini gösteren diyagramlarındaki kapalı döngünün yarattığı sonsuzluklar renormalizasyon ile soğrulamıyor, çünkü genel görelilikte bütün sonsuzlukları kuramdan çıkarmaya yetecek kadar renormalize edilebilir veri (kütle ve yük değerleri gibi) yok. Böylece geriye, uzay-zamanın eğikliği gibi belirli niceliklerin sonsuz olduğunu öngören, bu nedenle içinde yaşanabilir bir evreni yönetmesi mümkün olmayan bir kütleçekim kuramı kalıyor. Yani anlamlı bir kuram yaratmayı başarmak için, sonsuzlukları renormalizasyona başvurmadan ortadan kaldırmamız gerekiyor.

1976'da bu soruna çare olabilecek bir çözüm bulundu. Buna süperçekim dendi. "Süper" öneki, fizikçiler bunun süper olduğunu, bu kuantum çekim

kuramının gerçekten işe yarayacağını düşündükleri için eklenmedi. Tersine “süper” önceki kuramda yer alan ve süpersimetri denilen bir tür simetriyi ima ediyor.

Bir sistemin özellikleri belirli dönüşümlerde, örneğin onu uzayda döndür düğümüzde veya ikiz görüntüsünü aldığımızda değişmiyorsa bu sistemin simetriye sahip olduğunu söyleriz. Örneğin bir kek dilimini olduğu yerde döndürürseniz tam olarak aynı görünecektir (Elbette üzerinde çikolata sosunun olmadığını düşünürsek. Aksi takdirde, siz iyisi mi keki sadece yiyin). Süpersimetri, sıradan uzayın dönüştürülmesiyle ilişkilendirilemeyecek kadar incelikli bir simetri türüdür. Süpersimetrinin en önemli sonuçlarından birine göre, kuvvet parçacıkları ile madde parçacıkları, dolayısıyla kuvvet ve madde, yalnızca aynı şeyin iki görünümünden ibarettir. Daha açık söylemek gerekirse, kuark gibi her bir madde parçacığı bir kuvvet parçacığı eşe ve foton gibi her bir kuvvet parçacığı da bir madde parçacığı eşe sahiptir. Bu durum sonsuzluklar sorununu çözme kapasitesine sahiptir, çünkü kuvvet parçacıklarının kapalı döngülerinin oluşturduğu sonsuzlukların pozitif, madde parçacıklarının kapalı döngülerinin oluşturduğu sonsuzlukların ise negatif olduğu anlaşılmıştır; böylece kuramdaki kuvvet parçacıklarından ve onların madde parçacığı olan eşlerinden kaynaklanan sonsuzluklar birbirlerini götürme eğilimindedir. Ne yazık ki süperçekimde iptal edilmemiş sonsuzluklar kalıp kalmadığını anlamak için yapılması gereken hesaplamalar o kadar uzun, zor ve hata yapma olasılığı o kadar yüksek ki, kimse bunu üzerine almaya hazır değildi. Bununla birlikte fizikçiler çoğunlukla süperçekimin çekim kuvvetini diğer kuvvetlerle birleştirme sorununa en iyi yanıt olduğuna inandılar.

Süpersimetrinin geçerli olup olmadığını kolaylıkla inceleyebileceğimizi düşünebilirsiniz - yalnızca var olan parçacıkların özelliklerine ve çift olup olmadıklarına bakmak yeterli olacaktır. Ancak gözlemlenmiş olan böyle eş parçacıklar yoktur. Fizikçilerin yaptığı değişik hesaplamalar, gözlemlediğimiz parçacıklara denk gelen eş parçacıkların bir protonun bin katı kadar hatta daha ağır bir kütleye sahip olmaları gerektiğini gösteriyor. Şimdiye kadar yapılan deneylerde görülmüş olan parçacıklardan fazlasıyla ağır oldukları anlaşılıyor; ancak Cenevre’deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı’nda bir gün nihayet bu parçacıkların ortaya çıkacağını umuyoruz.

Süpersimetri düşüncesi, süperçekimin yaratılmasında temel oluşturur, ancak bu kavram ilk kez, yıllarca önce yeni filizlenmeye başlamış Sicim kuramı üzerinde çalışan fizik kuramcıları tarafından ortaya atılmıştır. Sicim kuramına göre parçacıklar nokta değildir, uzunluğu olan ama yüksekliği veya genişliği olmayan titreşim örüntüleridir - sonsuz incelikteki sicim parçaları gibi. Sicim kuramında da sonsuzluklar vardır ama doğru bir uyarlamayla hepsinin ortadan kalkacağına inanıldı. Bu kuramın da olağandışı bir özelliği var: Uzay-zaman ancak on boyutlu olduğunda - bildiğimiz dört boyutluluk yerine- tutarlılık gösteriyor. On boyut oldukça heyecan verici gelebilir, ama arabanızı nereye park ettiğinizi unuttuğunuzda başınıza gerçekten dert açabilir. Eğer gerçekten varlarsa biz bu boyutları neden fark edemiyoruz? Sicim kuramına göre bu boyutlar uzay içinde çok çok küçük bir hacim içerisinde bükülmüş durumdalar. Bunu resmedebilmek için iki boyutlu bir düzlem düşünün. Bu düzleme iki boyutlu diyoruz, çünkü onun üzerinde herhangi bir noktanın yerini belirlemek için iki sayıya ihtiyacımız var (örneğin yatay ve dikey koordinatlar). Bir başka iki boyutlu uzay ise bir pipetin yüzeyidir. Bu uzayda bir noktanın yerini belirlemek için bu noktanın pipetin hem uzunluğu hem de eni (dairesel boyutu) üzerinde nereye karşılık geldiğini bilmeniz gerekir. Pipet çok inceyse, onun dairesel boyutunu göz ardı edebilir ve pipetin uzunluğu boyunca uzanan koordinatı hesaba katarak noktanın konumunu oldukça doğru hesaplarsınız. Pipetin çapı bir inçin milyonda-milyonda-milyon- da-milyonda-milyonda biri ise, herhangi bir dairesel boyutu asla fark edemezsiniz. Bu durum, sicim kuramcılarının fazladan boyutlar için düşündükleriyle aynıdır; bu boyutlar öylesine küçük bir ölçeğin içinde bükülmüş veya kıvrılmışlardır ki, onları göremeyiz. Sicim kuramındaki fazladan boyutların büküldükleri yere iç uzay denir ve her gün deneyimlediğimiz üç boyutlu uzayın karşıtıdır. Bu iç uzaylar yalnızca halının altına süpürülmüş gizli boyutlar değildir, önemli bir fiziksel anlama sahiptirler.

Boyutlar sorununun yanı sıra Sicim kuramının zorlandığı bir başka tuhaf konu ise, fazladan boyutların kıvrılabileceği milyonlarca yol ve bunlarla ilgili en az beş ayrı kuram olmasıydı; bu durum Sicim kuramının her şeyin *eşsiz* kuramı olduğunu savunanlar için utanç kaynağı olmuştur. Sonra, 1994 yıllarında insanlar ikilikleri keşfetmeye başladılar - yani farklı sicim

kuramları ve fazladan boyutların farklı kıvrılma yolları, yalnızca dört boyutlu uzayda gerçekleşen bir fenomeni farklı yollarla tanımlamak gibi görünüyordu. Dahası, böylece süperçekim kuramının diğer kuramlarla da ilişkili olduğunu buldular. Sicim kuramcıları artık, beş ayrı Sicim kuramının ve süperçekim kuramının çok daha temel bir kuramın farklı yaklaşımları olduğuna ve her birinin farklı bir durum için geçerli olduğuna inanmış durumdalar.

Bu çok daha temel kuramın adı daha önce sözünü ettiğimiz M-kuramıdır. Kimse M'nin ne ifade ettiğini bilmiyor görünüyor; "master" (üstat), "miracle" (mucize), "mystery" (gizem) olabilir. Görünen o ki, üçü birden. İnsanlar hâlâ M-kuramının doğasını çözmeye çalışıyor, ama bu mümkün olmayabilir. Belki de fizikçilerin tek bir doğa kuramına ilişkin beklentileri asılsızdır ve tek bir formülasyon mevcut değildir. Belki de evreni tanımlamak için farklı durumlarda farklı kuramlar kullanmalıyız. Her bir kuram kendi gerçeklik yorumuna sahip olabilir, ama modele dayalı gerçekçiliğe göre bu; kuramların üst üste geldikleri -yani her iki kuramın da uygulanabildiği- durumlarda öngörüleri de birbirleriyle tutarlılık içindeyse kabul edilebilir.

M-kuramı ister tek bir formülasyon olsun, ister bir kuramlar ağı olsun, onun bazı özelliklerini biliyoruz. İlk olarak M-kuramında on değil, on bir uzay-zaman boyutu var. Sicim kuramcıları on boyut öngörüsünün düzeltilmesinin gerekebileceğini uzun süredir tartışıyorlardı ve son çalışmalar gösterdi ki, bir boyut gerçekten gözden kaçırılmış. Ayrıca M-kuramı yalnızca titreşen sicimleri değil, nokta parçacıkları, iki boyutlu zarları, üç boyutlu damlacıkları ve uzayda daha da fazla -dokuza kadar- boyut kaplayan hayal etmesi güç nesneleri de içerir. Bu nesnelere p-zarları adı verilir (p sıfırla dokuz arasında değişir).

Peki, küçücük boyutlara kıvrılmanın sayısız yolunun olması ne olacak? M-kuramında bu fazladan uzay boyutları öyle herhangi bir şekilde kıvrılamıyorlar. Kuramın matematiği, iç uzayın boyutlarının kıvrılma biçimini sınırlandırıyor. İç uzayın kesin biçimi hem fiziksel sabitlerin değerlerini (elektronun yükü gibi) hem de temel parçacıklar arasındaki etkileşimin doğasını belirliyor. Bir başka şekilde söyleyecek olursak, bu kuram doğanın görünür yasalarını belirliyor. "Görünür" diyoruz, çünkü evrenimizde gözlemleyebildiğimiz yasaları -dört kuvvet yasası, temel

parçacıkları karakterize eden kütle ve yük gibi verileri- kastediyoruz. Ancak M-kuramının çok daha temel yasaları var.

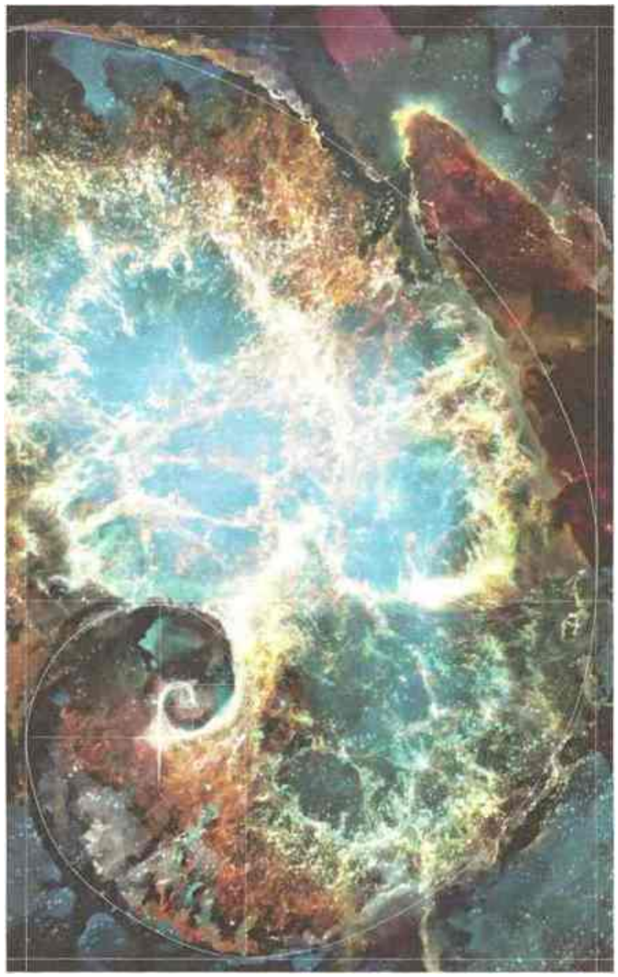


Pipetler ve çizgiler Pipet iki boyutludur, ancak çapı yeterince küçükse -ya da ona uzaktan bakılırsa- bir çizgi gibi tek boyutlu görünür.

Bu nedenle M-kuramının yasaları, iç uzayın nasıl büküldüğüne dayanarak farklı yasaları olan *farklı evrenlerin* varlığına izin verir. M-kuramı pek çok farklı uzayın, belki de 10^{500} sayıda uzayın varlığını onaylayan çözümlemeler içerir; yani her biri kendi yasalarına sahip 10^{500} farklı evreni var sayar. Bunun ne kadar ettiği konusunda bir fikir sahibi olmanız için şöyle düşünün: Eğer birisi her bir evrenin öngördüğü yasaları yalnızca bir milisaniyede hesaplayabilseydi ve bu hesaplamaya büyük patlama sırasında başlasaydı, şimdiye kadar ancak 10^{20} kadarını hesaplamış olurdu. Tabii arada kahve molası almadan çalışmak koşuluyla.

Yüzyıllar önce Newton, yeryüzü ve gökyüzündeki nesnelerin etkileşim yollarını matematik denklemleriyle çok doğru bir şekilde tanımlayabildiğimizi gösterdi. Bilim insanları uygun bir kuram ve yeterli hesaplama gücüne sahip olunduğunda bütün evrenin geleceğinin önlerine serileceğine inandırıldılar. Ancak sonra kuantum belirsizliği, eğik uzay, kuarklar, sicimler, fazladan boyutlar, her biri kendi yasalarına sahip 10^{500} sayıda evren geldi ve onların içinde yalnızca bir tanesi bizim bildiğimiz evrene benziyor. Fizikçiler, evrenimizin görünür yasalarını birkaç basit varsayımın eşsiz olası sonuçları olarak açıklayan tek bir kuram bulma umutlarını terk etmek zorunda kalabilirler. Bu bizi nereye götürür? M-

kuramı 10^{500} sayıda görünür yasanın varlığına olanak tanıyorsa, biz nasıl görünür yasaları olan bu evrene düştük? Peki ya diğer olası dünyalar?



6

Evrenimizi seçmek

O

rta Afrika'da yaşayan Boshongo kabilesine göre başlangıçta yalnızca karanlık, su ve büyük tanrı Bumba vardır. Bir gün Bumba karnında bir acıyla kusar ve Güneş'i çıkarır. Zamanla Güneş suyun bir kısmını kurutur ve karalar ortaya çıkar. Ancak Bumba hâlâ acılar içindedir ve biraz daha kusar. Böylece Ay, yıldızlar sonra leopar, timsah, kaplumbağa ve sonunda insan ortaya çıkar. Meksika ve Orta Amerika'nın Mayaları da yaratılıştan önceki zamanda sadece deniz, gökyüzü ve Yaratıcının olduğunu söylerler. Maya efsanesine göre, yaratıcı mutsuzdur çünkü kendisini övecek kimse yoktur; böylece dünyayı, dağları, ağaçları ve hayvanların çoğunu yaratır. Ancak hayvanlar konuşamadığı için insanı yaratmaya karar verir. Önce onları balçıktan ve topraktan yaratır ama insanlar saçma sapan konuşurlar. Onların eriyip gitmelerine izin verir ve yeniden dener; bu kez insanları ağaçtan yapar. Ağaç insanlar donuktur. Onları yok etmeye karar verir ama insanlar ormana kaçar; ancak yol boyunca zarar gördüklerinden yavaş yavaş değişip bugün bildiğimiz maymunlara dönüşürler. Bu başarısızlıktan sonra Yaratıcı nihayet işe yarayacak bir formül bulur ve ilk insanları beyaz ve sarı mısırdan yaratır. Biz bugün mısırdan etanol yapıyoruz ama onu içen insanları yaratmadaki ustalığa henüz ulaşamadık.

Bunlar gibi yaratılış mitleri bizim de bu kitapta sorduğumuz sorulara yanıt vermeye çalışıyor: Neden evren var ve evren neden böyle? Böyle soruları sorabilme yeteneğimiz Eski Yunan'dan bu yana sürekli gelişti ve geçen yüzyılda en yüksek düzeyine ulaştı. Geçtiğimiz bölümlerde edindiğimiz bilgilerden de güç alarak bu sorulara olası bir yanıt vermeye hazırız.

İlk zamanlarda bile açık olan bir şey vardı: Ya evren daha yeni yaratılmıştı ya da insan kozmik tarih içinde yalnızca küçücük bir yer işgal ediyordu. İnsan ırkı bilgi ve teknolojide bu kadar hızlı geliştiğine göre, milyonlarca yıldır dünya üzerinde var olsalardı bu süre içinde çok daha gelişmiş olacaklardı.

Eski Ahit'e göre, Tanrı Âdem ve Havva'yı sadece altı günde yarattı. 1625-1656 yılları arasında İrlanda başpiskoposu olan Ussher dünyanın başlangıcı için daha da kesin bir tarih verir: MÖ 27 Ekim 4004, sabah saat dokuz. Biz başka bir görüşü benimsiyoruz: İnsanın yakın zamanda ortaya çıkmasına karşın, evrenin başlangıcı 13,7 milyar yıl öncesine dayanmaktadır.

Evrenin bir başlangıcı olduğuna dair ilk bilimsel kanıt 1920'lerde bulunmuştur. 3. bölümde belirtildiği gibi o zamanlarda çoğu bilim insanı her zaman var olan durağan bir evrene inanıyordu. Böyle olmadığını gösteren kanıt dolaylıydı ve Edwin Hubble'ın Pasadena, California'daki Wilson Dağı'nda 2.5 metrelik teleskopuyla yaptığı gözlemlere dayanıyordu. Galaksilerin yaydığı ışığın tayfını inceleyen Hubble, neredeyse bütün galaksilerin bizden uzaklaşmakta olduklarını ve ne kadar uzakta iseler o kadar hızlı uzaklaştıklarını gördü. 1929'da galaksilerin bizden uzaklıkları oranında geri çekilme hızları ile ilgili bir yasayı yayımladı, evrenin genişlemekte olduğu sonucuna varmıştı. Eğer bu doğruysa evren geçmişte daha küçük olmalıydı. Aslında uzak geçmiş hakkında bir tahmin yürütecek olursak, evrendeki bütün madde ve enerji hayal bile edemeyeceğimiz bir yoğunluk ve sıcaklığı olan küçücük bir bölgede toplanmış olmalıydı; yeterince geriye gidebilseydik şimdi büyük patlama dediğimiz, her şeyin başladığı zamana ulaşırdık.

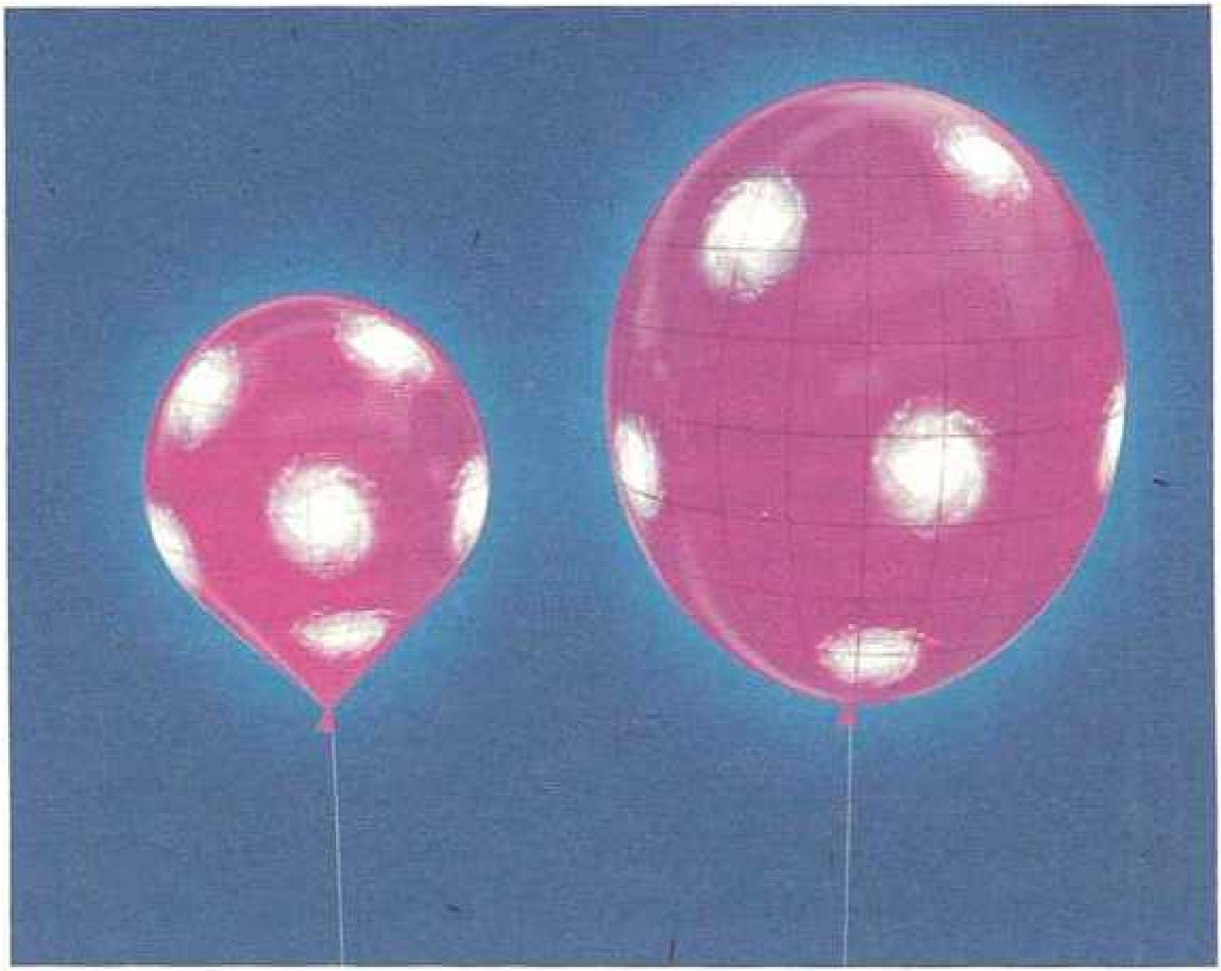
Evrenin genişlemekte olduğu düşüncesi biraz incelikli olmayı gerektirir. Örneğin, evren genişliyor derken bir evin duvarını yıkıp, bir zamanlar görkemli meşe ağacının durduğu yere yeni bir banyo eklemek gibi bir genişlemeden söz etmiyoruz. Evren kendi kendine *yayılmakta*, yani evrenin içindeki iki nokta arasındaki uzaklık artmaktadır. 1930'ların ortalarında ileri sürülen bir düşünce daha da çok tartışmaya yol açmıştır; genişlemeyi hayal edebilmek için yapılan benzetme 1931'de Cambridge Üniversitesi'nde astronom olan Arthur Eddington'dan gelmiştir. Eddington evreni genişlemekte olan bir balonun yüzeyine benzetmiştir ve galaksiler

de balonun yüzeyindeki noktalardır. Bu resim uzaktaki galaksilerin yakın olanlara göre neden daha hızlı uzaklaştıklarını açıkça gösterir. Örneğin balonun yarıçapı bir saatte iki katına çıkarsa, balonun üzerindeki iki galaksi arasındaki uzaklık da bir saatte iki katına çıkacaktır. Belirli bir zamanda iki galaksi birbirinden 1 santimetre uzaklıkta ise, bir saat sonra uzaklık 2 santimetreye çıkacak ve birbirlerine göreli olarak uzaklaşma hızları saatte 1 santimetre olacaktır. Ancak başlangıçtaki uzaklıkları 2 santimetre ise, bir saat sonra bu uzaklık 4 santimetreye çıkacak ve birbirlerine göreli olarak uzaklaşma hızları da saatte 2 santimetre olacaktır. Hubble'ın da bulduğu tam olarak budur: Bizden uzak olan galaksiler daha da hızlı uzaklaşmaktadır.

Uzayın genişlemesinin galaksilerin, yıldızların, elmaların, atomların veya bir tür kuvvet tarafından bir arada tutulan diğer nesnelerin boyutlarını etkilemediğini bilmek önemli. Örneğin balonun üzerinde bir grup galaksiyi daire içine alsak, balon genişlerken bu daire genişlemeyecektir. Galaksiler çekim kuvvetleriyle birbirlerine bağlı olduklarından, balon genişlerken daire ve içindeki galaksiler boyutlarını ve yapılarını koruyacaklardır. Bu önemli, çünkü ancak ölçüm araçlarımız sabit değerlere sahipse genişlemeyi saptayabiliriz. Her şey özgürce genişleseydi biz, bir metrelik cetvellerimiz, laboratuvarlarımız ve her şey orantılı olarak genişlerdi ve herhangi bir değişiklik fark etmezdik.

Einstein'ın evrenin genişlediğinden haberi yoktu. Ancak galaksilerin birbirlerinden uzaklaşma olasılığı, Hubble'ın yayınından birkaç yıl önce Einstein'ın kendi denklemlerine dayanarak önerilmişti. 1922'de Rus fizikçi ve matematikçi Alexander Friedmann, matematiksel olarak oldukça basitleştirilmiş iki varsayıma dayanan bir evren modelini araştırdı: Evren her yönden aynı görünüyor ve her gözlem noktasına göre aynı görünüyor. Friedmann'ın ilk varsayımının tam olarak doğru olmadığını biliyoruz - neyse ki evrenin her noktası bir-örnek değil! Bir yönde yukarı doğru baktığımızda Güneş'i, diğer yönde ise Ay'ı ve göç etmekte olan vampir yarasaları görebiliriz. Ancak çok daha büyük bir ölçekte -galaksilerin arasındaki mesafeden bile daha büyük olan bir ölçekte- baktığımızda evren her yönde aynıymış gibi görünür. Bu sanki bir ormana yukarıdan bakmaya benzer. Yeterince yakından baktığınızda yapraklar veya en azından ağaçları ve aralarındaki boşlukları görebilirsiniz. Eğer çok yüksekteyseniz, başparmağınızı uzattığınızda ağaçların bir mil karesini kapatabilirsiniz ve

orman yalnızca tek bir yeşil gölge olarak görünür. Bu ölçekte ormanın birörnek olduğunu söyleyebiliriz.



Balon evren Uzak galaksiler bizden uzaklaşırlar; tüm kozmos dev bir balonun yüzeyindeymiş gibi.

Kendi varsayımlarından yola çıkan Friedmann, Einstein'ın denklemleri için -kısa bir süre sonra Hubble'ın doğru olduğunu keşfedeceği gibi- evrenin genişlemekte olduğunu gösteren bir çözüm bulmayı başardı. Friedmann'ın model evreni sıfır büyüklükle başlayıp çekim gücü yavaşlatıncaya kadar genişlemesini sürdürüyor ve sonunda bu güç yüzünden kendi üzerine çöküyor. (Einstein'ın denklemleri için Friedmann modelinin savlarını destekleyen iki ayrı çözüm daha vardır: Birinde evrenin genişlemesi biraz yavaş olmakla birlikte sonsuza kadar sürüyor, diğerinde ise evrenin genişleme hızı sıfıra doğru azalıyor ama asla sıfıra varmıyor.) Friedmann bu çalışmasından birkaç yıl sonra öldü ve Hubble'ın keşfine kadar düşünceleri pek bilinmedi. Ancak 1927'de bir fizik profesörü ve Roma Katolik Kilisesi'nde rahip olan Georges Lemaître benzer bir görüşü ileri sürdü: Evreninin tarihini geçmişe doğru izlediğinizde yaratılış anına gelinceye kadar küçülür: Biz bu ana günümüzde büyük patlama diyoruz.

Büyük patlama fikrini herkes sevmedi. Aslında “büyük patlama” tanımı 1949'da Cambridge'li astrofizikçi Fred Hoyle tarafından ortaya atıldı; Hoyle sonsuza kadar genişleyen bir evrene inanıyordu ve büyük patlamayı alaycı bir tanım olarak kullanmıştı. Bu düşünceyi destekleyen doğrudan gözlem ancak 1965'te yapılabildi; uzayın her yerinde arka planda güçsüz mikrodalgalar olduğu görüldü. Bu kozmik mikrodalga arka plan radyasyonu (bundan sonra *GMBR-cosmic microwave background, radiation)* veya kozmik fon radyasyonu mikrodalga fırınınızdakiyle aynıdır ama gücü çok daha azdır. Televizyonunuzun kullanılmayan bir kanalını açarak CMBR'yi kendiniz de gözlemleyebilirsiniz: Ekrandaki karlı görüntünün küçük bir yüzdesine neden olan odur. Radyasyon, Bell Laboratuvarları'nda çalışan ve mikrodalga antenindeki statiği bertaraf etmeye uğraşan iki bilim insanı tarafından tesadüfen bulunmuştur. Başlangıçta statiğin cihazlarına tüneyen güvercinlerin dışkılarından kaynaklandığını düşündüler ama sorunlarının çok daha ilginç bir nedeni olduğunu sonradan anladılar - CMBR evrenin büyük patlamadan hemen sonraki çok yoğun ve çok sıcak ilk evresinden kalan radyasyondu. Evren

genişledikçe radyasyon, şimdi bizim gözlemlediğimiz solgun bir artık oluncaya kadar soğudu. Şimdi bu mikrodalgalar ayaklarınızı ancak eksi 270 santigrat dereceye -yani mutlak sıfırın 3 derece üstüne- kadar ısıtabilir ve mısır patlatmak istediğinizde işinize yaramayacaktır.

Astronomlar büyük patlamanın küçük ve sıcak erken evrene ilişkin söylediklerini destekleyen başka izler de buldular. Örneğin, ilk dakikada evren tipik bir yıldızın merkezindeki sıcaklıktan daha sıcak olmalıydı. Bu süreçte bütün evren bir nükleer füzyon reaktörü gibi davranmış olmalı. Evren genişledikçe ve yeterince soğudukça bu tepkiler kaybolmaya başlamıştı; ancak kuram, patlama sonrasında evrenin çoğunlukla hidrojenden oluşmakla birlikte yüzde 23 helyum ve eser miktarda lityum içerdiğini (bütün ağır elementler daha sonra, yıldızların içinde oluşu) öngörüyordu. Bu hesaplama gözlemlediğimiz helyum, hidrojen ve lityum miktarlarıyla uyum içindedir.

Helyum bolluğuna ilişkin ölçümler ve CMBR, büyük patlamanın evrenin en erken zamanları için sunduğu resmi destekleyen ikna edici kanıtlar sağladı, ancak büyük patlama evrenin ilk zamanları için geçerli bir açıklama olarak düşünülse de, Einstein’ın kuramını evrenin *başlangıcını* gösteren esas resim olarak ele almak yanlış olur. Çünkü genel görelilik kuramı zamanda; evrenin hem ısısının, hem yoğunluğunun hem de eğikliğinin sonsuz olduğu bir noktanın varlığını öngörür ve matematikçiler bu duruma tekillik derler. Bir fizikçi için bu, Einstein’ın kuramının çöktüğü noktayı işaret eder ve bu nedenle evrenin başlangıcına dair bir öngörüde bulunmak kullanılamaz, yalnızca başlangıçtan sonra nasıl geliştiğini açıklar. Her ne kadar genel göreliliğin denklemlerini ve gökyüzü gözlemlerimizi evrenin çok genç zamanlarını tanımak için kullansak da, büyük patlama resmini evrenin başlangıcına kadar götürmek doğru olmayacaktır.

Evrenin başlangıcı konusuna birazdan geri döneceğiz, ama önce genişlemenin ilk evresi hakkında konuşalım. Fizikçiler buna şişme (*inflation*) diyor. Son zamanlarda para enflasyonu yüzde 200.000.000’u geçen Zimbabwe’de yaşamıyorsanız bu terim size çok sarsıcı gelmeyebilir. Ancak oldukça temkinli hesaplamalara göre bile evren 0,00000000000000000000000000000000001 saniyede 1.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000 kat genişlemiştir. Bu, çapı 1 santimetre gelen bir madeni paranın patlayarak Samanyolu’nun

genişliğinin on milyon katı genişliğe ulaşması gibidir. Bu durum, hiçbir şeyin ışıktan daha hızlı hareket edemeyeceğini dikte eden göreliliğe aykırı görünse de, hız sınırı evrenin genişlemesine uygulanamaz.

Einstein'ın genel görelilik kuramının ötesine geçen tartışmalara dayanarak ve kuantum kuramında yer alan özellikleri göz önünde bulundurarak böyle bir şişme döneminin gerçekleşmiş olabileceği fikri ilk kez 1980'de ileri sürülmüştür. Kütleçekim kuvvetiyle ilgili tamamlanmış bir kuantum kuramımız olmadığından ayrıntılar üzerinde hâlâ çalışılıyor ve fizikçiler şişmenin nasıl gerçekleştiği konusunda kesin bir şey söyleyemiyorlar. Ancak kurama göre, şişmenin neden olduğu genişleme alışıldık büyük patlama resminin öngördüğü gibi *tümüyle* tektip olmayabilir. Bu düzensizlikler CMBR'nin farklı yönlerinde küçük ısı değişikliklerine yol açtı. Değişiklikler çok küçük olduğu için 1960'larda gözlemlenemedi, ama 1992'de NASA'nın COBE uydusu tarafından keşfedildi ve daha sonra 2001'de fırlatılan halefi WMAP uydusu tarafından ölçümler yapılabildi. Sonuç olarak artık şişmenin gerçekten meydana geldiğini biliyoruz.

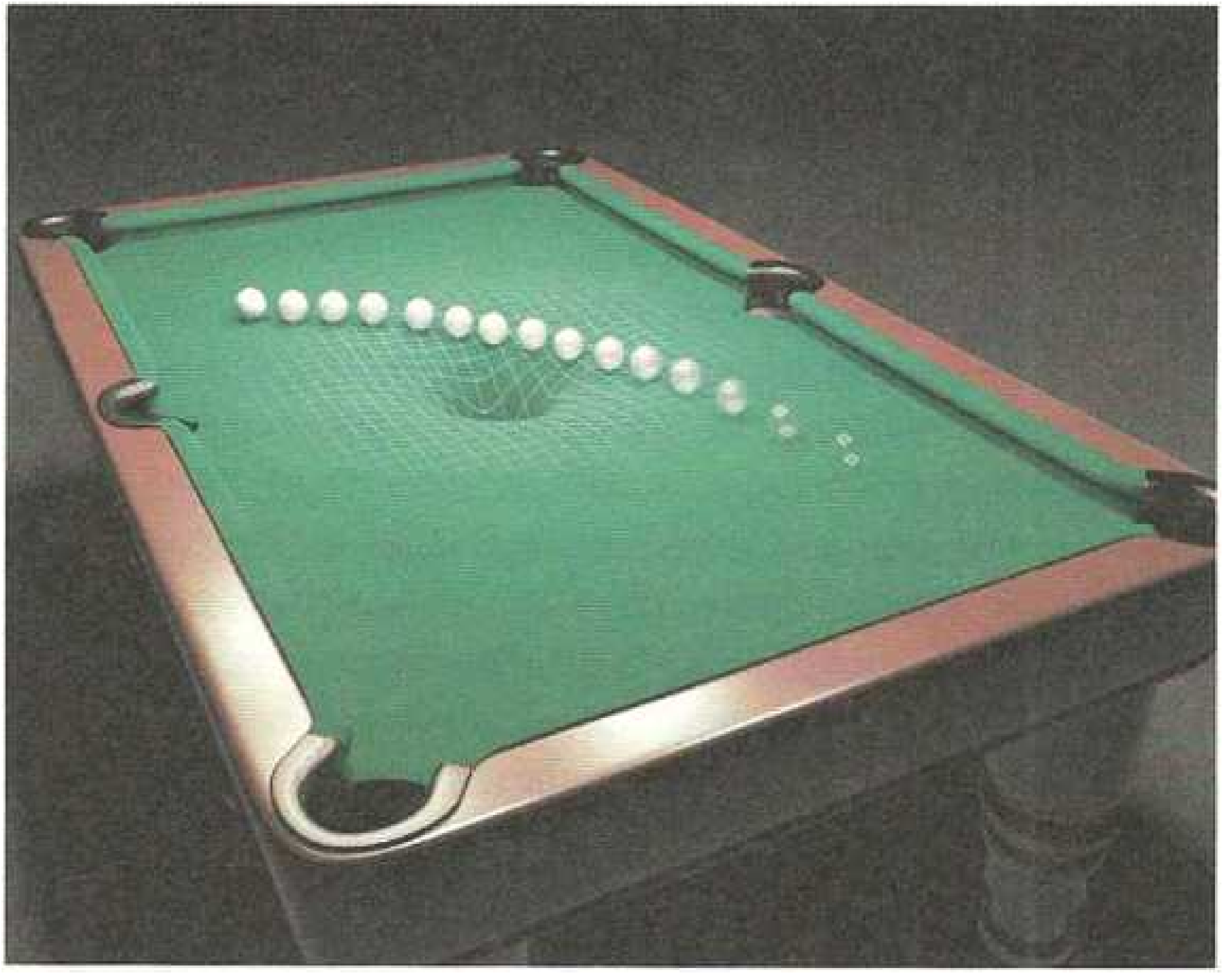
İronik bir biçimde, CMBR'deki bu küçücük değişimler şişmenin kanıtı olmakla beraber, şişmenin önemli bir kavram olmasının nedeni CMBR'nin ısısındaki neredeyse mükemmel tekdüzeliktir. Bir nesnenin bir bölümünü çevresinden daha sıcak hale getirip beklerseniz, nesnenin ısısı dengeleninceye kadar sıcak bölüm soğuyacak çevresi ise ısınacaktır. Aynı şekilde evrenin de değişmeyen bir ısıya sahip olması beklenir. Ancak bu süreç zaman alır ve ısı aktarım hızının ışık hızıyla sınırlı olduğunu varsayarsak, eğer şişme olmamış olsaydı evrenin geçmişinde geniş aralıklarla birbirinden ayrılmış olan bölgelerin ısılarının eşitlenmesi için yeterince zaman olmazdı. Çok hızlı bir genişleme dönemi (ışık hızından çok daha hızlı olan süreç) bu durama çare olur, çünkü evrenin olağanüstü küçük olduğu bu şişme öncesi dönemde eşitlenmenin gerçekleşmesi için yeterince zaman olacaktır.

Şişme büyük patlamanın “patlama” kısmını açıklar; en azından şişmenin oluştuğu zaman aralığında gerçekleşen genişlemenin, genel göreliliğin alışıldık büyük patlama kuramının öngördüğü genişlemeden çok daha büyük olduğunu açıklar. Buradaki sorun, şişmenin işleyişiyle ilgili kuramsal modellerimizde evrenin başlangıç durumunun çok özel ve olası görünmeyen bir durumda konumlandırılmasıdır. Böylece, alışıldık şişme

kuramı bir sorunu çözerken bir diğerini yaratır - çok özel bir başlangıç durumu gereksinimi. Birazdan açıklayacağımız evrenin yaratılışı kuramında bu zaman-sıfır konusu ortadan kaldırılmıştır.

Einstein'ın genel görelilik kuramına göre yaratılışı açıklayamadığımıza göre, evrenin başlangıcını açıklayabilmek için genel görelilik kuramı yerine çok daha karmaşık bir kuram koymak zorundayız. Genel görelilik kuramı çökmemiş olsa bile daha bütünsel bir kurama ihtiyacımız olacaktı, çünkü genel görelilik, maddenin -kuantum kuramının yönettiği- küçük ölçekli yapılarını hesaba katmaz. 4. bölümde kuantum kuramının evrenin büyük ölçekli yapısıyla ilgili çalışmaları kapsamadığını, doğayı mikroskobik ölçekte tanımlamak için kullanıldığını anlatmıştık. Ancak zamanda yeterince geriye giderseniz, evrenin Planck ölçüsü (santimetrenin milyar kere trilyon kere trilyonda biri) kadar küçük olduğu zamana ulaşırsınız ki, bu ölçekte kuantum kuramı dikkate alınmak zorundadır. Henüz tamamlanmış bir kuantum çekim kuramımız olmasa da, evrenin başlangıcının bir kuantum olayı olduğunu biliyoruz. Sonuç olarak, şişme kuramını elde edebilmek için kuantum kuramını genel görelilik kuramı ile -en azından geçici olarak- birleştirdiğimiz gibi, daha da geriye gitmek ve evrenin başlangıcını anlamak istiyorsak genel görelilik kuramıyla ilgili bildiklerimizi kuantum kuramı ile birleştirmek zorundayız.

Bunun nasıl işlediğini görmek için uzayı ve zamanı eğen çekim ilkesini anlamak zorundayız. Uzayın eğriliğini gözümüzde canlandırmak, zamanın eğriliğini canlandırmaktan daha kolaydır. Evrenin düz bir bilardo masasının yüzeyi olduğunu düşünün. Masanın yüzeyi en azından iki boyutlu düz bir uzaydır. Masanın yüzeyinde yuvarladığınız top düz bir çizgi üzerinde yol alacaktır. Ancak masanın yüzeyinde bazı yerler eğik veya çukursa -aşağıdaki şekilde göreceğiniz gibi- topun izlediği yol eğik olacaktır.



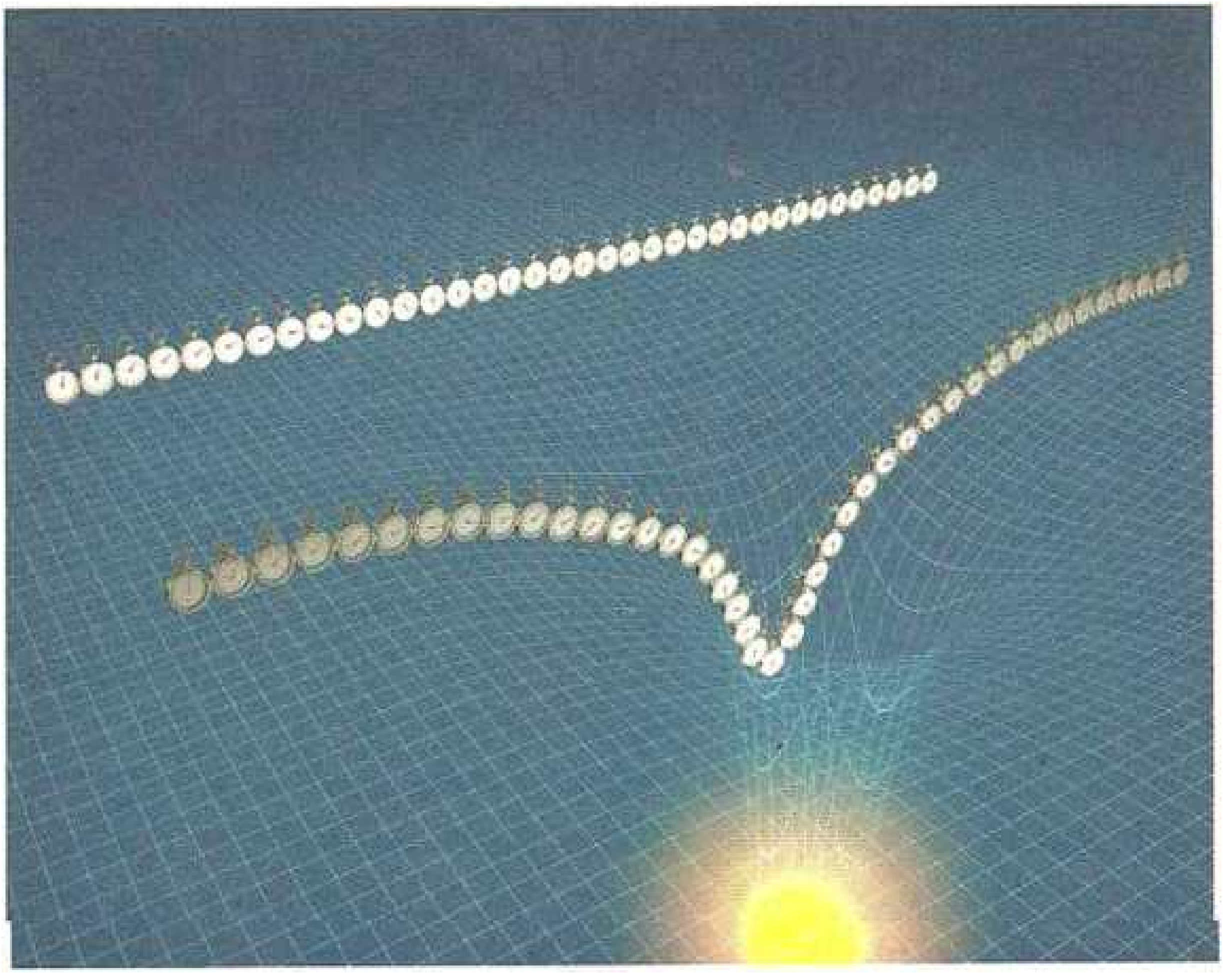
Uzay bükülmesi Madde ve enerji uzayı büker ve nesnelerin yollarını değiştirir.

Bu örnekte bilardo masasının eğikliğini görmek kolaydır, çünkü görebileceğimiz üçüncü bir dış boyutun içine eğilmiştir. Eğikliğini görmek için kendi uzay-zamanımızın dışına çıkamadığımıza göre, kendi evrenimizdeki uzay-zaman eğikliğini hayal edebilmemiz çok daha zordur. Ancak dışına çıkarak daha büyük bir uzay perspektifinden göremesek bile eğikliği saptayabiliriz. Eğiklik uzayın içinden bile saptanabilir. Bir mikro-karıncanın masanın yüzeyine hapsedildiğini düşünün. Karınca masadan ayrılma becerisine sahip olmasa bile, uzaklıkların haritasını dikkatle çıkardığında eğikliği saptayacaktır. Örneğin, düz uzaydaki bir çemberin çevresi, daima çapının üç katından biraz fazla uzunlukta olacaktır (gerçek çarpım π sayısıdır). Fakat karınca masadaki çukurluğu çevreleyen çemberin ortasından geçmeye kalkışırsa, mesafenin beklediğinden daha fazla -çevresinin uzunluğunun üçte biri kadar fazla- olduğunu görecektir. Aslında çukurluk yeterince derin olsaydı karınca çemberin çevresindeki mesafenin, doğrudan karşıya geçerken kat ettiği mesafeden daha *kısa* olduğunu görecekti. Aynı durum evrenimizdeki eğiklik için de geçerlidir - uzaydaki noktalar arasındaki mesafeyi genişletir ya da sıkıştırır, geometriyi veya biçimi evrenin içinden ölçülebilecek şekilde değiştirir. Zamanın eğikliği benzer bir biçimde zaman aralıklarını genişletir ya da sıkıştırır.

Bu fikirlerle donanmış halde evrenin başlangıcı konusuna dönelim. Düşük hızı ve zayıf kuvveti ilgilendiren durumlarda zamanı ve uzayı ayrı ayrı ele alabiliriz. Oysa, genelde zaman ve uzay birbirine geçmiştir ve bunların genişlemesi veya sıkışması belli oranda birbirine karışmayı içerir. Bu karışma erken evrende önemlidir ve zamanın başlangıcını anlamamızda kilit bir önem taşımaktadır.

Zamanın başlangıcı konusu biraz Dünya’nın kenarı konusuna benzer. İnsanlar Dünya’nın düz olduğunu düşündükleri zamanlarda, denizlerin Dünya’nın kenarından dökülüp dökülmediğini de merak etmiş olabilirler. Bu deneysel olarak sulanmıştır: Dünya’nın etrafı dolaşılabilir ve aşağı düşülmez. Dünya’nın kenarından düşme sorunu, Dünya’nın düz değil eğik bir yüzeye sahip olduğu keşfedildikten sonra ortadan kalkmıştır. Ancak zaman bir oyuncak tren hattına benzer. Eğer bir başlangıcı varsa, trenin

hareket etmesini sağlayan biri (örneğin Tanrı) olmak zorundadır. Einstein'ın genel görelilik kuramı zamanı ve uzayı uzay-zaman olarak birleştirip onları belli oranda harmanlamış olsa da, zaman yine de uzaydan farklıydı; ya bir başlangıç ve sona sahipti ya da sonsuza kadar devam ediyordu.



Uzay-zaman bükülmesi Madde ve enerji zamanı büker ve zaman boyutunun uzay boyutlarıyla "karışmasına" neden olur.

Ancak kuantum kuramının etkilerini genel görelilik kuranıma eklediğimizde, ekstrem durumlarda meydana gelen eğrilik o kadar büyüktür ki, zaman uzayın bir başka boyutuymuş gibi davranır.

Erken evrende -evren hem genel görelilik hem de kuantum kuramı tarafından yönetilecek kadar küçük olduğunda- uzayın fiilen dört boyutu vardı ama zamanın yoktu. Yani evrenin “başlangıcından” söz ederken çok incelikli bir konuya gelip dayanıyoruz; evrenin başlangıcında bizim bildiğimiz zaman yoktu! Uzay ve zamanla ilgili bildik düşüncelerimizin çok erken evrene uygulanamayacağını kabul etmek zorundayız. Bu bizim deneyimlerimizin dışında, ama hayal gücümüzün veya matematiğin dışında değil. Erken evrende bu dört boyut uzay gibi davranırsa, zamanın başlangıcına ne olur?

Zamanın uzayın bir başka boyutu gibi hareket edebildiğini anladığımızda, başlangıcı olan bir zaman sorunundan, tıpkı kenarı olan Dünya sorunundan kurtulduğumuz gibi kurtulabiliriz. Diyelim ki evrenin başlangıcı Dünya’nın Güney Kutbu’na benziyordu ve enlem dereceleri zaman rolünü üstlenmişti. Bu durumda, biri kuzeye doğru hareket ettiğinde evrenin büyüklüğünü temsil eden sabit enlem daireleri genişleyecektir. Evren Güney Kutbu’nda bir nokta olarak başlamıştır ama Güney Kutbu’nun herhangi bir noktadan farkı yoktur. Evrenin başlangıcından önce ne olduğu sorusu anlamsızlaşır, çünkü Güney Kutbu’nun güneyinde bir şey yoktur. Bu resimde uzay-zamanın bir sınırı yoktur, Güney Kutbu’nda geçerli olan doğa yasaları her yer için geçerlidir. Benzer şekilde, genel görelilik kuramı ile kuantum kuramı birleştirildiğinde, evrenin başlangıcından önce ne olmuştu sorusu anlamsız hale gelir. Geçmişlerin sınırları olmayan kapalı yüzeyler olduğu düşüncesine sınırsızlık koşulu denir.

Yüzyıllar boyunca pek çok insan -Aristoteles dahil- evrenin nasıl yaratıldığı meselesinden kurtulmak için onun hep var olduğuna inandılar. Diğerleri evrenin bir başlangıcı olduğuna inandılar ve bunu Tanrı’nın varlığını savunmak için bir iddia olarak kullandılar. Zamanın uzay gibi işlediğini anlamak yeni bir seçenek sunar. Evrenin bir başlangıcı olmasına

yapılan eskimiş itirazları ortadan kaldırır ama aynı zamanda evrenin başlangıcının bir Tanrı tarafından değil bilimsel yasalarca yönetildiğini de gösterir.

Evrenin başlangıcı bir kuantum olayı ise, Feynman'ın geçmişler toplamı tarafından doğru olarak tanımlanması gerekir. Ancak kuantum kuramını evrenin -gözlemcinin gözlemlenen sistemin parçası olduğu evrenin- tamamına uygulamak alengirlidir.



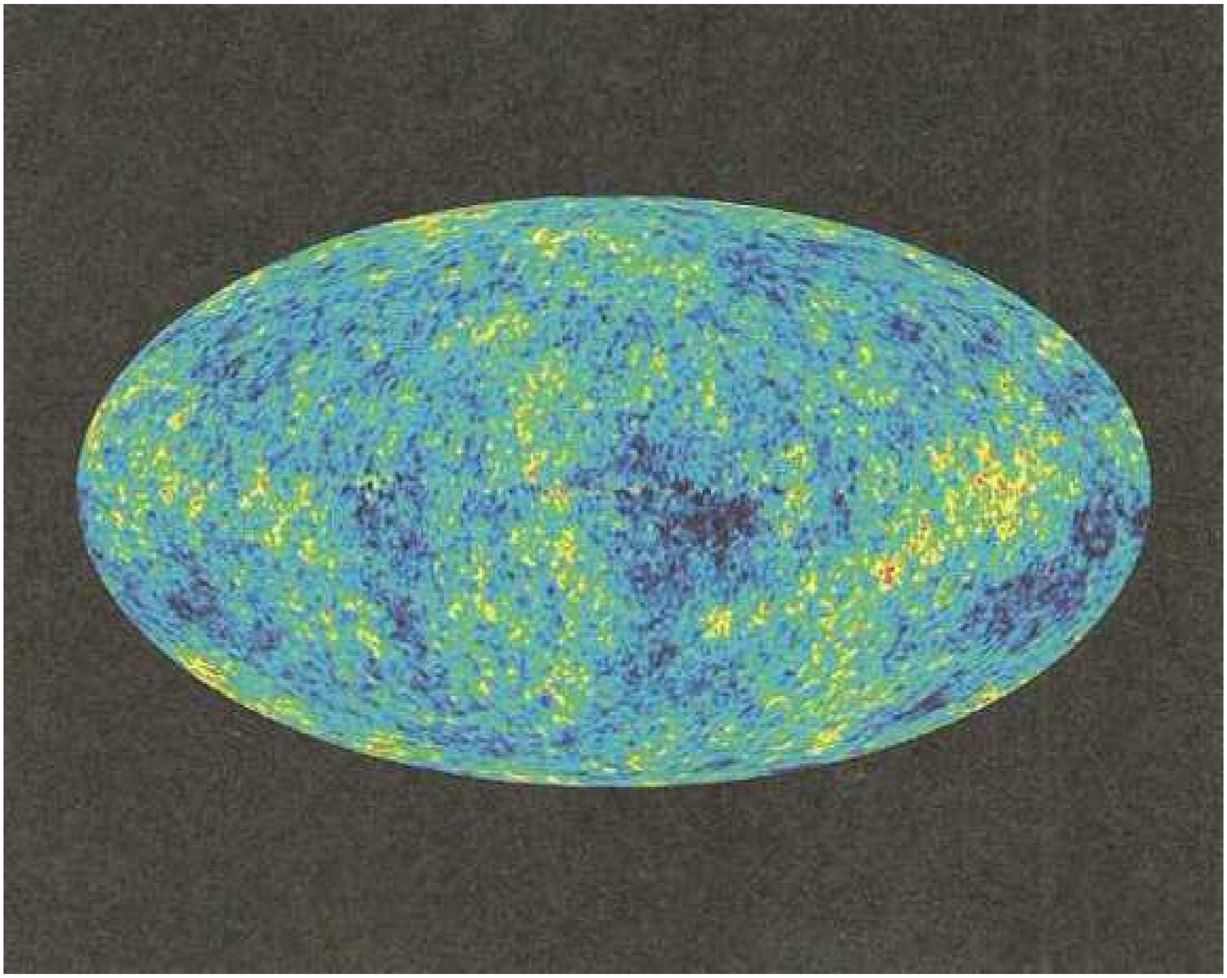
Çokluevren Kuantum dalgalanmaları küçücük evrenlerin yoktan var olmalarına yol açar. Bunlardan birkaçı kritik büyüklüğe ulaşır ve sonra şişecek şekilde bir genişlemeyle galaksileri, yıldızları ve -en azından bir defalığına- bizim gibi varlıkları oluşturur.

4. bölümde iki yarıklı bir engelden geçirilen madde parçacıklarının, arkadaki ekranda tıpkı su dalgaları gibi girişim örüntüleri oluşturduklarını görmüştük. Feynman bu durumun, bir parçacığın tek bir geçmişi olmadığı için gerçekleştiğini gösterdi. Yani, bir parçacık başlangıç noktası A'dan bitiş noktası B'ye doğru giderken tek bir belirli yol izlemez; tersine iki noktayı birbirine bağlayan bütün olası yollardan aynı anda geçer. Bu bakış açısına göre girişim sürpriz değildir, çünkü parçacık aynı anda her iki yarıktan da geçebilir ve kendiyle girişim oluşturabilir. Parçacığın hareketine uyguladığımızda, Feynman'ın yöntemi bize olası bir bitiş noktasını hesaplayabilmek için parçacığın başlangıç noktasından bitiş noktasına ulaşıncaya kadar izleyebileceği bütün olası geçmişleri hesaba katmamız gerektiğini söyler. Feynman yöntemi aynı zamanda evren gözlemlerindeki kuantum olasılıklarını hesaplamak için de kullanılabilir. Bu yöntem bir bütün olarak evrene uygulanırsa bir A noktası olmayacaktır, bu yüzden sınırsızlık koşuluna uyan bütün geçmişleri toplayacağız ve bitiş noktamız bugün gözlemlediğimiz evren olacak.

Bu görüşe göre evren kendiliğinden ortaya çıkar ve her olası yoldan başlar. Bu olası yolların çoğu diğer evrenlere karşılık gelir. Bu evrenlerin bazıları bizim evrenimize benzerken, çoğu oldukça farklıdır. Bunlar yalnızca Elvis'in gerçekten genç mi öldüğü veya şalgamın bir çöl yiyeceği mi olduğu gibi ayrıntılar bakımından değil, kendi doğa yasaları bakımından da farklı evrenlerdir. Aslında pek çok farklı fiziksel yasaları olan pek çok evren mevcuttur. Bazı insanlar bu düşünceyle kimi zaman çokluevren kavramı denen büyük bir gizem yarattılar, ama bunlar yalnızca Feynman'ın geçmişler toplamı kuramının farklı şekillerde ifade edilmesidir.

Bunu örneklemek için Eddington'ın balon benzetmesinin yerine genişleyen evreni bir kabarcığın yüzeyi olarak düşünelim. Bu durumda bizim örneğimizdeki evrenin kendiliğinden kuantum yaratılışı, kaynamakta olan suyun yüzeyinde oluşan kabarcıklara benzetilebilir. Pek çok küçük kabarcık oluşur ve kaybolur. Bunlar, henüz mikroskobik ölçekte iken

genişleyen ve çöken mini-evrenleri temsil eder. Bunlar olası alternatif evrenlerdir, ama akıllı yaşam bir yana, galaksileri ve yıldızları yaratmaya yetecek kadar varlıklarını sürdüremedikleri için pek ilgimizi çekmezler.



Mikrodalga arkaplan radyasyonu Wilkinson Mikrodalga Anizotropi Araştırmasına (WMAP) ait yedi yıllık çalışmanın sonunda elde edilen verilerle 2010'da bu gökyüzü haritası yapıldı. Harita 13,7 milyar yıllık sıcaklık dalgalanmalarını renk farklılıklarıyla gösteriyor. Resimdeki dalgalanmalar, santigrat ölçeğinde bir derecenin binde birinden küçük ısı farklılıklarına denk düşüyor. Yine de bunlar büyüyüp galaksi olacak tohumlar. Kaynak: NASA ve WMAP Bilim Takımı.

Yine de bu küçük kabarcıklardan bazıları yeterince büyür ve çökmekten kurtulurlar. Sürekli artan bir hızla genişlemeyi sürdürürler ve görebildiğimiz fokurdamayı oluştururlar. Bu durum her an artan hızla genişlemeye başlayan evrenlere, yani şişme dönemindeki evrenlere karşılık gelir.

Daha önce de belirttiğimiz gibi, şişmenin neden olduğu genişleme her yerde birörnek olmayabilir. Geçmişler toplamında yalnızca bir adet tamamen birörnek ve düzenli geçmiş vardır ve bu en büyük olasılığa sahiptir; ancak azıcık düzensiz olan pek çok farklı geçmiş de neredeyse o kadar yüksek olasılığa sahiptir. İşte şişme kuramının, CMBR’de gözlemlediğimiz küçük ısı farklılıklarıyla ilgili olarak, erken evrenin muhtemelen birörnek olmadığını öngörmesinin nedeni budur. Erken evrendeki düzensizlik bizim şansımızdır. Neden? Sütünüzün üstünde kaymak istemiyorsanız homojenlik iyi bir şeydir, ama birörnek evren, sıkıcı bir evrendir. Erken evrendeki düzensizlik önemlidir, çünkü bazı bölgeler diğerlerine göre biraz daha yoğun olduğunda, fazladan yoğunluğun çekimsel gücü, çevresine göre genişlemeyi yavaşlatacaktır. Kütleçekim kuvveti yavaşça maddeyi bir araya getirecek, sonunda galaksileri ve yıldızları oluşturmak üzere çökecek ve bu da gezegenlerin ve onların en azından birinde insanların var olmasına olanak tanıyacaktır. Bu yüzden gökyüzünün mikrodalga haritasına dikkatle bakın. Evrendeki tüm oluşumların kopyasıdır. Bizler erken evrendeki kuantum dalgalanmalarının ürünleriyiz. Dindar biri Tanrı'nın gerçekten zar attığını söyleyebilir.[5]

Bu düşünce bizi alışıldık kavramlardan tümüyle farklı bir evren görüşüne götürür ve evrenin geçmişiyle ilgili düşünce biçimimizi değiştirmemizi gerektirir. Kozmolojide öngörülerde bulunabilmek için erken evrenin farklı evrelerinin olasılıklarını şimdiki zamanda hesaplamamız gerekir. Fizikte normal olarak bir sistem için bir başlangıç

evresi varsayılır ve uygun matematiksel denklemler kullanılarak ileri gidilir. Sistemin verili zamandaki durumuna göre, daha sonraki zamanda farklı bir durumda olma olasılığı hesaplanmaya çalışılır. Kozmolojideki olağan varsayım, evrenin tek bir tanımlı geçmişe sahip olduğudur. Fizik yasaları kullanılarak bu geçmişin zaman içinde nasıl gelişeceği hesaplanabilir. Biz buna kozmolojiye "aşağıdan yukarı" yaklaşım diyoruz. Ancak evrenin, Feynman'ın geçmişler toplamı kuramında açıklanan kuantum doğasını hesaba kattığımızda, evrenin bugüne özgü durumuna gelme olasılığının büyüklüğü, bütün geçmişlerin katkılarının toplamıyla olmuştur; bu durum sınırsızlık koşuluna uygundur ve söz konusu durumda sona ermiştir. Bir başka deyişle kozmolojide evrenin geçmişi aşağıdan yukarı doğru izlenemez, çünkü bu yaklaşım iyi tanımlanmış bir başlangıcı ve gelişimi olan tek bir geçmiş olduğunu varsayar. Tersine, geçmişler yukarıdan aşağı, şimdiki zamandan geçmişe doğru izlenmelidir. Bazı geçmişler diğerlerine göre daha olasıdır ve evrenin yaratılışı ile başlayıp İncelenmekte olan durumla sonuçlanan tek bir geçmiş, toplama egemen olacaktır. Ancak şimdiki zamandaki evrenin farklı olası durumları için farklı geçmişler olacaktır. Bu bizi tamamen farklı bir kozmoloji anlayışına, sebep ve sonuç ilişkisine götürür. Feynman'ın toplamına katkıda bulunan geçmişler bağımsız olarak var olmazlar, ölçülmekte olan şeye bağlıdırlar. Geçmişi gözlemlerimizle biz yaratırız, geçmiş bizi yaratmaz.

Evrenin tek, gözlemciden bağımsız bir geçmişi olmadığı düşüncesi bildiğimiz bazı gerçeklerle çatışıyormuş gibi görünebilir. Ay'ın rokfor peynirinden yapıldığı bir geçmiş olabilir. Ancak gözlemlerimize göre -fareler için kötü haber- Ay peynirden yapılmış değil. Yine de Ay'ın peynirden yapılmış olduğu geçmişler evrenimizin şimdiki durumuna katkıda bulunmasa da, başka durumlara katkısı olabilir. Bu bilimkurgu gibi gelebilir, ama değildir.

Yukarıdan aşağı yaklaşımının önemli çıkarımı, doğanın gözle görülür yasalarının evrenin geçmişine dayanmasıdır. Pek çok bilim insanı bu yasaları ve doğanın fiziksel değişmezlerini -elektronun kütlesi veya uzay-zamanın boyutsallığı gibi- açıklayan tek bir kuram olduğuna inanır. Ancak yukarıdan aşağı kozmolojisine göre doğanın görünür yasaları, farklı geçmişlerde farklıdır.

Evrenin görünürdeki boyutunu düşünelim. M-kuramına göre uzay-zaman on uzay boyutuna ve bir zaman boyutuna sahip. Uzay boyutlarının

yedi tanesi bükülerek o kadar küçülmüşlerdir ki, onları fark edemeyiz ve sadece bildiğimiz üç büyük boyutun var olduğu yanılsamasını yaşarız. M-kuramının en temel sorularından biri şudur: Niçin evrenimizde daha fazla büyük boyut yok ve boyutlar neden bükülür?

Pek çok insan, üç boyutun dışındaki boyutların kendiliğinden bükülmesine neden olan bir mekanizmanın olduğuna inanmayı tercih ederdi. Belki de bütün boyutlar küçüktü ama bazı anlaşılabilir nedenler yüzünden üç uzay boyutu genişledi, diğerleri genişlemedi. Öyle görünüyor ki, evrenin dört boyutlu görünmesinin dinamiksel bir nedeni yok. Tersine, yukarıdan aşağı kozmolojisi büyük boyutların sayısını sabit tutan herhangi bir fizik yasasının olmadığını öngörüyor. Her büyük uzay boyutu sıfırdan ona kadar kuantum olasılık genliğine sahip olacaktır. Feynman toplamı evrenin her olası geçmişi için buna izin verir, fakat evrenimizin üç büyük uzay boyutuna sahip olduğu gözlemi, gözlemlenebilirle özelliği olan altsınıf geçmişleri eler. Bir başka deyişle, büyük uzay boyutlarının üçten az mı çok mu olduğuna dair bir kuantum olasılığı yersizdir, çünkü zaten üç büyük uzay boyutu olan bir evrende olduğumuzu belirlemiş durumdayız. Üç büyük uzay boyutunun olasılık genliği tam olarak sıfır değilse, diğer boyutların olasılık genlikleri ne kadar küçük olursa olsun fark etmeyecektir. Bu, şimdiki papanın Çinli olma olasılığına benzer. Çinli nüfus Alman nüfusundan çok olduğu için Çinli olma olasılığı daha fazla olmasına rağmen, onun Alman olduğunu biliyoruz. Aynı şekilde, evrenimiz üç büyük uzay boyutu olduğunu sergilemekte ve diğer büyük uzay boyutlarının daha büyük olasılık genliği olsa bile biz sadece üçünün geçmişi ile ilgileniyoruz.

Peki ya bükülmüş boyutlar? M-kuramında geriye kalan bükülmüş boyutların kesin biçimlerinin -iç uzay- hem elektron yükü gibi fiziksel niceliklerin değerlerini, hem de temel parçacıklar arasındaki etkileşimin doğasını, yani doğanın kuvvetlerini belirlediğini anımsayalım. M-kuramı bükülmüş boyutlar için yalnızca tek bir biçime izin verseydi, doğanın görünürdeki yasaları için sadece bir olasılık olurdu ve her şey çok düzgün işlerdi. Tersine, olasılık genliği 10^{500} iç uzayı işaret etmektedir ve bunların her biri fiziksel değişmezler için farklı yasalara ve değerlere yol açar.

Evrenin geçmişi aşağıdan yukarı doğru oluşturulursa ortaya şu sonuç çıkar: Evrenin gözlemlediğimiz parçacık etkileşimleri için gereken iç uzayla -yani temel parçacıkların etkileşiminin standart modeli ile- sonuçlanması için hiçbir neden yoktur. Ancak yukarıdan aşağıya

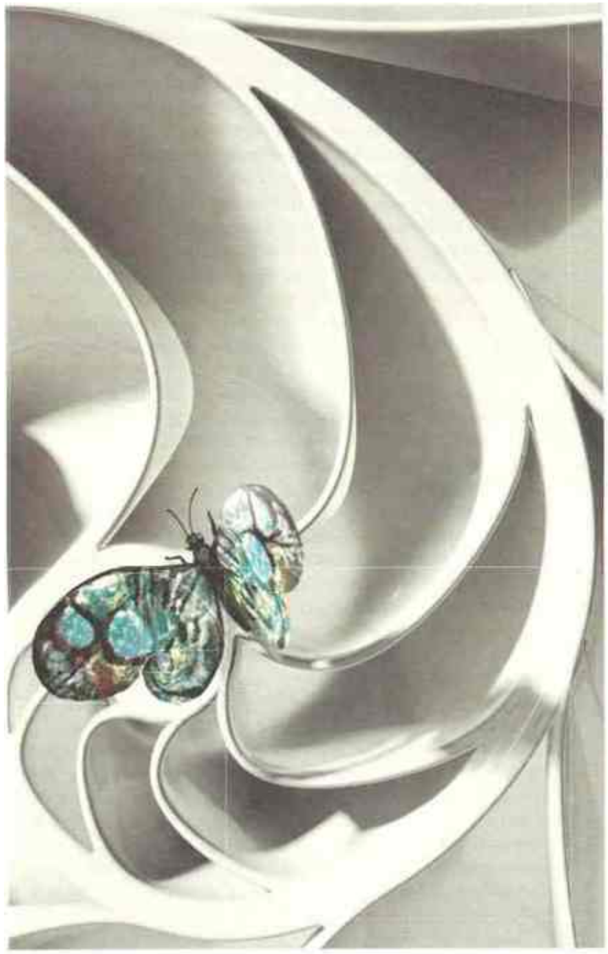
yaklaşımında evrenin bütün olası iç uzaylarla birlikte var olduğunu kabul ederiz. Bazı evrenlerde kütle çekimi manyetizmadan daha güçlüdür ve elektronlar golf toplarının ağırlığına sahiptir. Bizim evrenimizde standart model bütün verileriyle uygulanabilir. İç uzayın olasılık genliği hesaplanabilir ve bu sınırsızlık koşulu uyarınca bizi standart modele götürür. Üç büyük uzay boyutlu bir evrenin varlığı olasılığına gelince, bunun diğer olasılıklarla karşılaştırıldığında ne kadar küçük bir olasılık genliği oluşturduğu önemli değildir, çünkü biz zaten standart modelin evrenimizi tanımladığını gözlemlemekteyiz.

Bu bölümde tanımladığımız kuram sınanabilir. Daha önceki örneklerde, farklı sayıda uzay boyutları olan bizimkinden tamamıyla farklı evrenlerdeki göreli olasılık genliklerinin önemli olmadığını vurguladık. Komşu (veya benzeri) evrenlerin göreli olasılık genlikleri ise önemlidir. Sınırsızlık koşuluna göre evrenin tamamen düzenli bir gelişim sergileyebileceği geçmişler için, olasılık genliği daha yüksektir. Daha düzensiz evrenlerde olasılık genliği azalır. Bu, erken evrenin küçük düzensizlikleri olan neredeyse düz bir evren olduğu anlamına gelir. Belirtmiş olduğumuz gibi bu düzensizlikleri, gökyüzünde farklı yönlerden gelen mikrodalgalarda küçük değişiklikler olarak gözlemliyoruz. Bunların şişme kuramının gerektirdikleriyle tam olarak örtüştüğü anlaşılmıştır; ancak yukarıdan aşağıya kuramını diğerlerinden tamamen ayırmak, bu kuramı desteklemek veya çürütmek için daha kesin ölçümler gereklidir. Gelecekte uydular bu işi yapabilir.

Yüzlerce yıl önce insanlar Dünya’nın eşsiz olduğuna, evrenin merkezinde durduğuna inanıyorlardı. Bugün galaksimizde yüzlerce milyar yıldız olduğunu, bunların büyük çoğunluğunun bir gezegen sistemine sahip olduğunu ve yüzlerce milyar galaksi olduğunu biliyoruz. Bu bölümden çıkardığımız sonuçlara göre evrenimiz pek çok evrenden biri ve görünür yasaları kesin olarak belirlenmiş değil. Bu durum nihai bir kuramı, her şeyin kuramını bulmayı, gündelik fiziğin doğasını öngörmeyi umanlar için bir hayal kırıklığı olmalı. Büyük uzay boyutlarının sayısı veya gözlemlediğimiz fiziksel nicelikleri (örneğin elektronların ve diğer madde parçacıklarının kütleleri ve yükleri) belirleyen iç uzay gibi farklı özellikleri öngöremeyiz. Bunun yerine, bu sayıları hangi geçmişlerin Feynman’ın toplamına katkıda bulunduğunu belirlemek için kullanırız.

Öyle görünüyor ki bilim tarihinde çok ciddi bir noktaya geldik; hedeflerimizle ilgi kavramlarımızı ve bir fizik kuramını kabul edilebilir kılan şeyleri değiştirmek zorundayız. Doğanın görünür yasalarına ait temel rakamlar, hatta biçimler mantık veya fiziksel ilkeler tarafından dayatılmıyor. Bizi kendi içinde tutarlı bir matematik kuramına götürecek olan veriler pek çok değeri, yasalar da herhangi bir biçimi almakta özgürler ve farklı evrenlerde farklı değerler ve farklı biçimler alıyorlar. Bu durum özel olma, bütün fizik yasalarını içeren derli toplu bir paket keşfetme arzumuzu tatmin etmeyebilir, ama görünen o ki, doğanın yolu bu.

Önümüzde olası evrenlerden oluşan uçsuz bucaksız bir manzara var. Yine de, bir sonraki bölümde göreceğimiz gibi, içinde bizimki gibi yaşam olan evrenler çok nadir. Biz yaşamın olası olduğu bir evrende yaşıyoruz, ama evren azıcık farklı olsaydı bizim gibi canlılar varolamazdı. Böyle bir ince ayardan ne anlamalıyız? Yoksa bu evrenin iyiliksever bir yaratıcı tarafından tasarlandığına mı kanıt? Ya da bilim başka bir açıklama mı sunuyor bize?



7

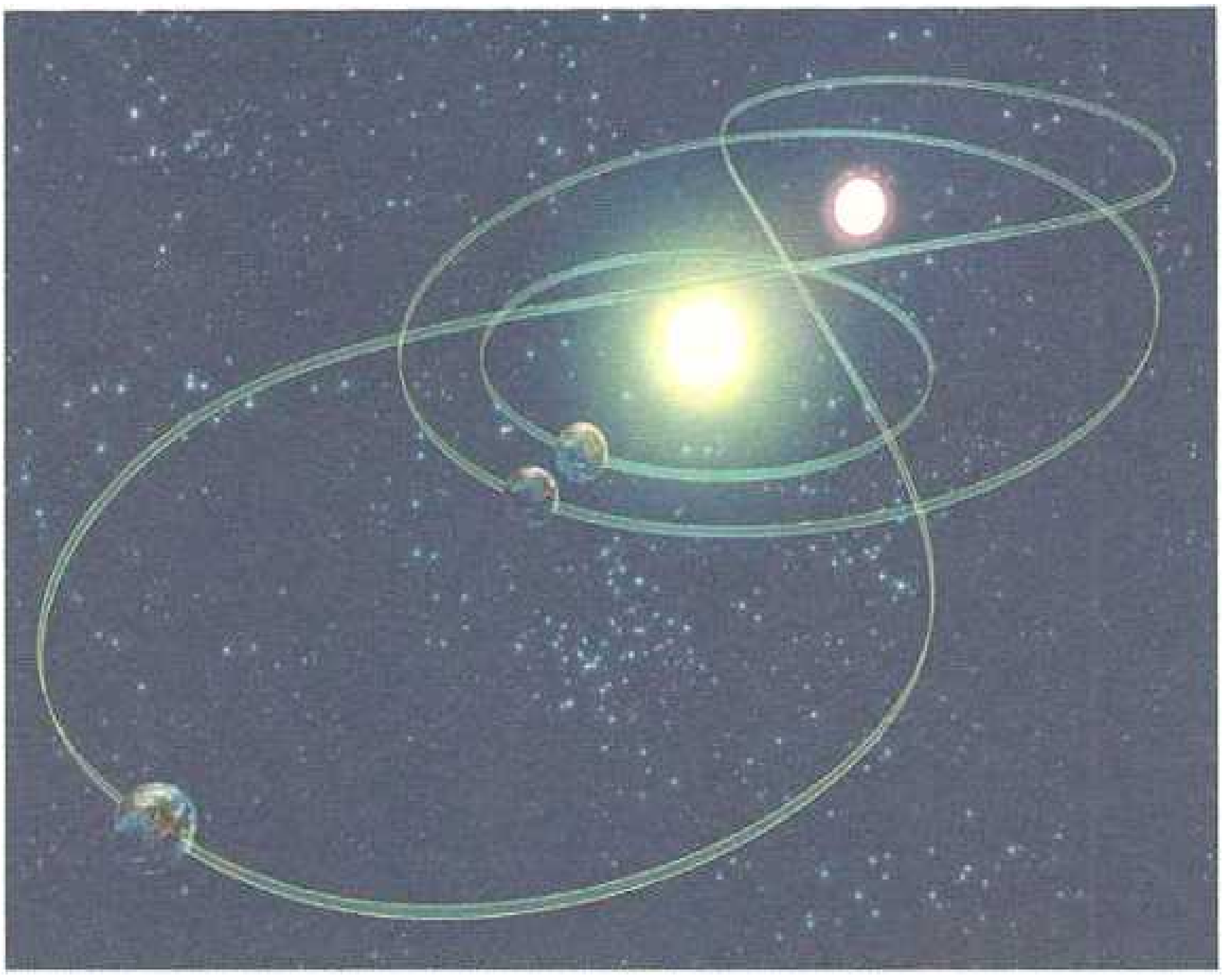
Görünür mucize

Çinliler Hsia hanedanlığı sırasında (MÖ yak. 2205-1782) kozmik evrenin aniden değiştiğini anlatır. Gökyüzünde on güneş belirir. Yeryüzündeki insanlar aşırı sıcaklardan çok zarar görürler ve imparator ünlü bir okçuya bu güneşleri vurmasını emreder. Okçuya ödül olarak ölümsüzlük hapı verilir ama karısı hapı çalar. Bu suçu yüzünden kadın Ay'a sürgün edilir.

Çinliler on güneşli bir sistemin insan yaşamı için uygun olmadığını düşünmekte haklıydılar. Herhalde kolayca bronzlaşma olanağı sağlardı, ama birden çok güneşe sahip herhangi bir güneş sisteminde yaşam muhtemelen asla gelişmezdi. Bunun nedenleri Çin efsanelerindeki kavurucu sıcaklar kadar basit değil. Aslında bir gezegen birden çok yıldızın etrafında dönerken tatminkâr bir sıcaklığa maruz kalır, en azından bir süreliğine. Ancak uzun süre aynı ısıya maruz kalmak -ki hayatın gelişmesi için bu gerekli görünüyor- mümkün olmayacaktır. Nedenini anlayabilmek için en basit çoklu yıldız sistemini inceleyelim; ikili sistem dediğimiz iki güneşli sistemi. Gökyüzündeki yıldızların hemen hemen yarısı böyle ikili sistemlerin üyesi. Ancak basit ikili sistemler bile, aşağıda gösterildiği gibi belli türde kararlı yörüngeleri koruyabiliyorlar. Bu yörüngelerin her birinde gezegende hayatın sürmesine engel olacak kadar sıcak veya soğuk zamanların yaşanması olası. Pek çok yıldızdan oluşan kümelerde durum daha da vahim.

Bizim Güneş sistemimiz, onlarsız gelişkin hayat formlarının asla gelişemeyeceği başka "şanslı" özelliklere sahip. Örneğin, Newton yasaları gezegensel yörüngenin daireler veya elipsler (elipsler basık dairelerdir, bir

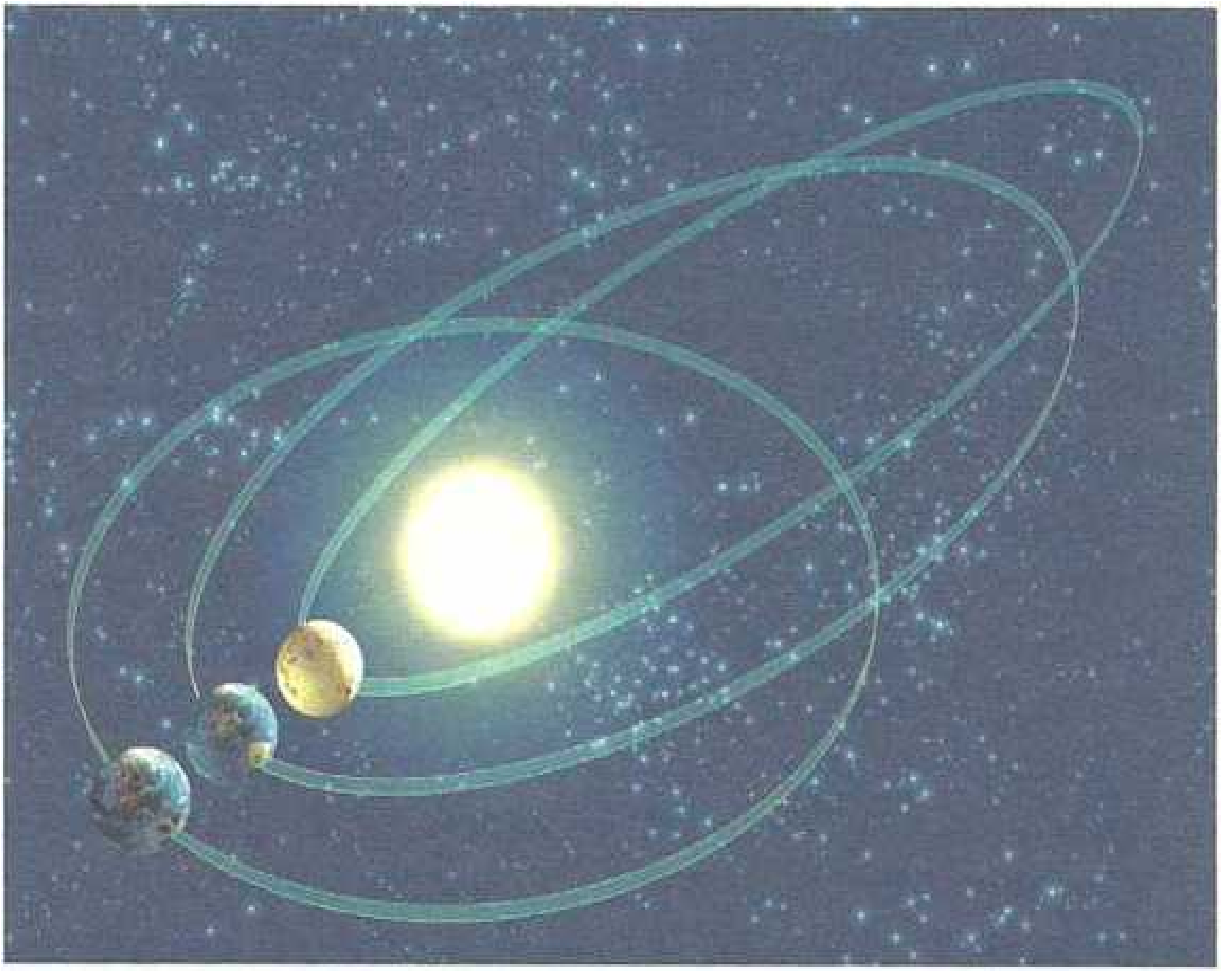
ekseni uzun, diğer ekseni kısadır) halinde olmasına izin verir. Bir elipsin basıklık ölçüsü, dışmerkezlik denilen sıfır ile bir arasında bir sayı ile tanımlanır.



İkili yörüngeler İkili yıldız sistemlerinin etrafında dönen gezegenlerin hava durumu pek ılımlı olmayabilir. Mevsimlerin bazıları yaşama izin vermeyecek kadar sıcak, bazıları da yaşama izin vermeyecek kadar soğuk geçebilir.

Dışmerkezliğin sıfıra yakın olması figürün daireye benzediği anlamına gelir, bire yakın olması ise çok yassı olduğunu gösterir. Gezegenlerin mükemmel daireler içinde hareket etmiyor oluşları Kepler'i üzmüştü, ama Dünya'nın dışmerkezlik yüzdesi sadece 2'dir, yani neredeyse daireseldir. Sonradan anlaşıldığı gibi bu çok büyük bir şanstır.

Mevsimsel hava değişikliklerini belirleyen, Dünya'nın dönüş ekseninin Güneş'in etrafındaki yörüngesine göre eğik olmasıdır. Örneğin Kuzey Yarıküre'de kış olduğunda Kuzey Kutbu Güneş'ten uzağa doğru eğiktir. Aslında bu Dünya'nın Güneş'e en yakın olduğu zamandır ve uzaklık 91,5 milyon mildir. Oysa temmuz ayı başında Dünya Güneş'ten yaklaşık 94,5 milyon mil uzaklıktadır; bu da yakınlığın ısı üzerindeki etkisinin Dünya'nın eğikliğinin etkisiyle karşılaştırıldığında ihmal edilebilir düzeyde olduğunu gösterir. Ancak yörüngesel dışmerkezliği büyük olan gezegenlerde Güneş'ten uzaklıktaki değişiklikler büyük rol oynar. Örneğin Merkür'ün dışmerkezlik yüzdesi 20'dir ve Güneş'e en yakın geçtiği zamanlarda (günberi) ısısı, Güneş'ten en uzak olduğu zamana göre (günöte) 93.3 santigrat derece artar. Eğer Dünya'nın yörüngesinin dışmerkezliği bire yakın olsaydı, Güneş'e en yakın noktaya ulaştığında okyanuslar kaynar ve Güneş'e en uzak noktada ise donardı, dolayısıyla yaz ve kış tatillerimiz pek keyifli geçmezdi. Büyük yörünge dışmerkezlikleri hayatı desteklemez, yani yörüngesel dışmerkezliği sıfıra yakın bir gezegende yaşadığımız için şanslıyız.

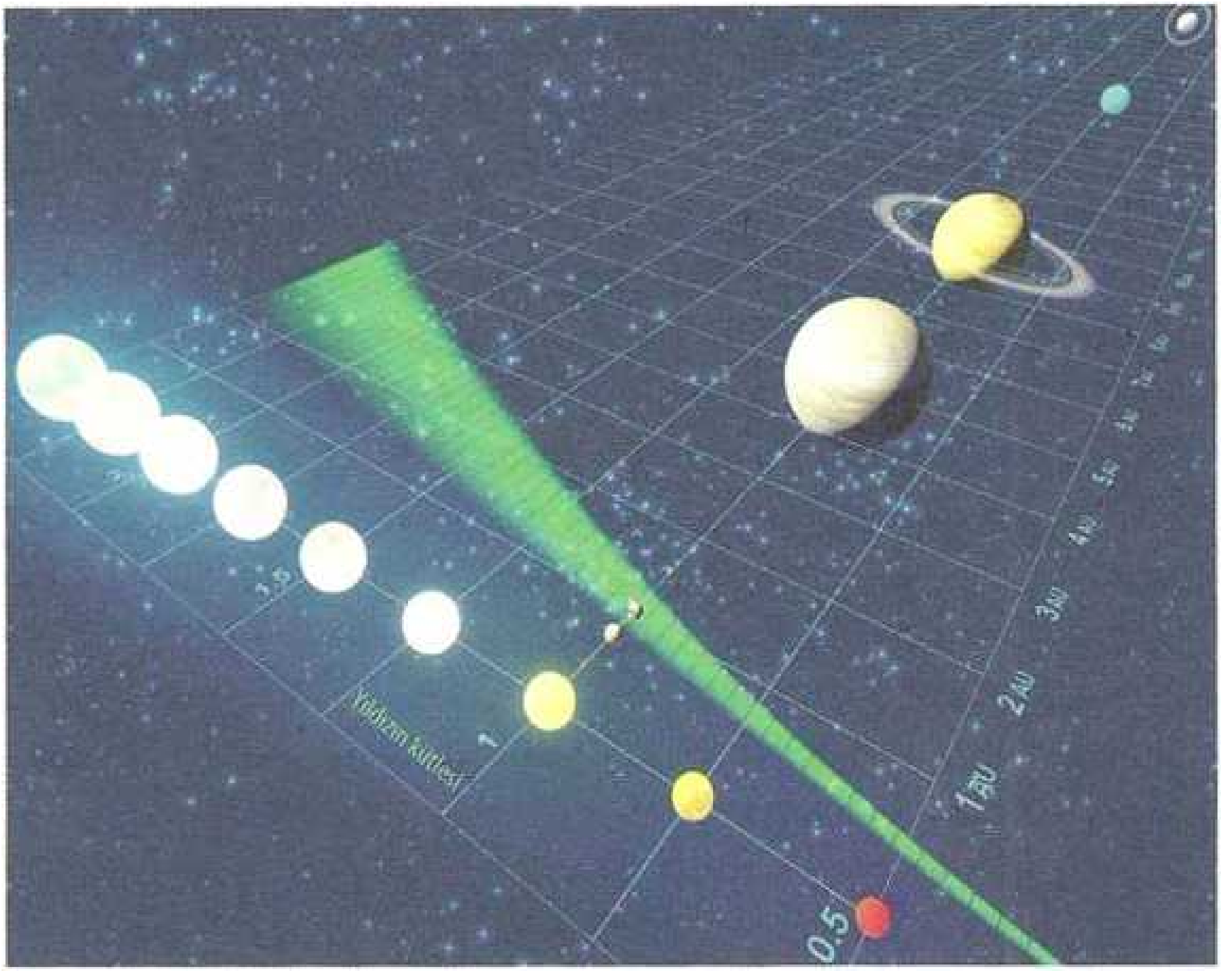


Dış merkezlik Dışmerkezlik bir elipsin bir daireye ne kadar yakın olduğunun ölçüsüdür. Dairesel yörüngeler yaşama elverişlidir; fazla uzun yörüngelerde mevsimsel ısı dalgalanmaları çok büyük olur.

Ayrıca Güneşimizin kütlesiyle ona uzaklığımız arasındaki ilişki açısından da şanslıyız. Bir yıldızın kütlesi dışarıya verdiği enerjinin miktarını belirler. En büyük yıldızların kütlesi bizim Güneşimizden yüz kat daha fazladır ve en küçüklerinki ise yüz kat daha azdır. Hal böyle olunca, Güneş ile aramızdaki uzaklık sadece yüzde 20 oranında daha az veya daha çok olsaydı, Dünya bugünkü Mars'tan daha soğuk veya bugünkü Venüs'ten daha sıcak olurdu.

Yaygın olarak, bilim insanları verili bir yıldızın etrafındaki yaşanabilir bölgeyi, sıcaklığın suyun sıvı olarak kalabilmesine olanak tanıyacağı dar bir kuşak olarak tanımlarlar. Yaşanabilir bölgelere bazen "Goldilocks Bölgesi" denir, çünkü suyun ve dolayısıyla akıllı yaşamın varlığı için gezegensel sıcaklık da -Goldilocks[6] için olduğu gibi- "tam gerektiği kadar" olmalıdır. Bizim Güneş sistemimizin yaşanabilir bölgesi, yukarıdaki resimde de görebileceğiniz gibi oldukça küçüktür. Biz akıllı yaşam formları olarak şanslıyız çünkü Dünya bu küçük alanda yer alıyor!

Newton, tuhaf bir şekilde yaşanabilir olan Güneş sistemimizin yalnızca "doğa yasaları yüzünden kaostan doğduğuna" inanmıyordu. Evrendeki düzenin "ilk olarak Tanrı tarafından yaratıldığına ve yine onun tarafından bugüne kadar aynı durumda ve koşulda korunduğuna" inanıyordu. Birinin neden böyle düşündüğünü anlamak kolay. Eğer bizimki evrendeki tek Güneş sistemi olsaydı; mümkün görünmeyen pek çok olayın varlığımızı sürdürmemize yardımcı olmak için bir araya gelmesi ve dünyamızın insan dostu biçimi elbette çok şaşırtıcı olurdu. Ancak 1992'de bizimkinden başka bir Güneş'in etrafında dönen bir gezegen ilk kez gözlemlendi. Artık bunun gibi yüzlerce gezegen biliyoruz ve evrenimizdeki milyarlarca yıldızın etrafında sayısız gezegen olduğundan kuşkulanan pek kimse yok. Bu durum bizim gezegensel koşullarımızın denk gelişini -tek Güneş, Güneş-Dünya uzaklığıyla Güneş'in kütlesinin şanslı kombinasyonu- çok daha az dikkate değer kılıyor. Böylece dünyanın sadece insanları mutlu etmek için dikkatle tasarlandığı düşüncesi de bu gözlemle kanıtını kaybetmiş olur. Her türden gezegen mevcut. Bazıları -en azından biri- hayatı destekliyor.



Goldilocks bölgesi Eğer Goldilocks gezegenleri deniyor olsaydı, yalnızca yeşil bölgenin içindeki gezegenlerin yaşanabilir olduğunu bulacaktı. Sarı yıldız bizim güneşimizi temsil ediyor. Beyaz yıldızlar daha büyük ve daha sıcak, kırmızılar ise daha küçük ve soğuktur. Güneşlerine yeşil bölgeden daha yakın olan gezegenler yaşam için fazla sıcak, daha uzak olanlar ise fazla soğuk olacaktır. Yaşanabilir bölgenin boyutları daha soğuk gezegenler için daha küçüktür.

Yaşanabilir bir gezegendeki varlıklar çevrelerindeki dünyayı incelediklerinde, bulundukları ortamın var olmaları için gerekli koşulları karşıladığını görmek zorundadırlar.

Bu son ifadeyi bir bilimsel ilkeye dönüştürmek mümkün: Bizzat bizim varlığımız, evreni ne zaman ve nereden gözleyebileceğimizi belirleyen kurallar dayatır. Yani bizim varlığımız, kendimizi içinde bulduğumuz çevrenin özelliklerini sınırlandırır. Buna zayıf antropik ilke denir. (Neden "zayıf' dediğimizi birazdan göreceğiz.) Antropik ilkeden daha iyi bir terim bulmak gerekseydi bu "seçim ilkesi" olurdu, çünkü bu ilke varlığımıza ait bilginin olası bütün çevre seçenekleri içinde yalnızca yaşama olanak sağlayan koşulları seçmeyi zorunlu kıldığını söylüyor.

Felsefe gibi gelse de, zayıf antropik ilke bilimsel öngörülerde bulunmak için kullanılabilir. Örneğin evren kaç yaşındadır? Birazdan göreceğimiz gibi, var olabilmemiz için evrenin karbon gibi elementler içermesi gerekir; bu elementler yıldızların içinde pişen daha hafif elementlerden üretilir. O halde, karbon bir süpernova patlaması ile uzaya dağılmış, daha sonra yoğunlaşarak yeni nesil Güneş sistemindeki bir gezegenin parçası haline gelmiş olmalı. 1961'de fizikçi Robert Dicke bu sürecin yaklaşık 10 milyar yılda gerçekleştiğini ileri sürdü, yani bizim varlığımız evrenin en azından bu yaşta olduğunu gösteriyor. Öte yandan evren 10 milyar yıldan çok daha yaşlı olamaz, çünkü uzak gelecekte bütün yıldızların yakıtı tükenmiş olacaktır ve yaşamı sürdürebilmek için sıcak yıldızlara ihtiyacımız var. Bu nedenle evrenin yaşı 10 milyar civarında olmalı. Bu tümüyle kesin bir öngörü değil, ama elimizdeki verilere göre büyük patlama 13,7 milyar yıl önce gerçekleşti.

Evrenin yaşının hesaplanmasında olduğu gibi, antropik öngörüler genellikle belirli fiziksel parametreler için kesin saptamalar yapmak yerine bir dizi değer üretir. Bunun nedeni, bizim varlığımızın -ki aslında belirli değerlerdeki bazı fiziksel parametreleri gerektirmeyebilir- çoğunlukla

onları bulduğumuz yerlerden fazla uzakta olmayan parametrelere dayanmasıdır. Ayrıca dünyamızdaki geçerli koşulların, antropik olarak kabul edilen aralığa özgü olmasını bekleriz. Örneğin, sadece 0 ve 0,5 arasındaki yörüngesel dışmerkezliklerde yaşam olabiliyorsa, dışmerkezliğin 0,1 olduğu gezegenler bizi şaşırtmamalıdır, çünkü evrendeki bütün gezegenler arasında nadir de olsa bu kadar küçük dışmerkezliğe sahip yörüngeleri olanlar da vardır. Ama Dünya neredeyse mükemmel bir dairede dönseydi ve dışmerkezliği 0,00000000001 olsaydı, bu dünyayı gerçekten çok özel bir yer yapardı ve neden bu kadar alışılmışın dışında bir dünyada yaşadığımızı açıklamaya çalışırdık. Bu düşünceye sıradanlık ilkesi de denir.

Gezegensel yörüngenin şekli, Güneş'in kütlesi ve benzeri şanslı rastlantılar çevresel kabul edilir, çünkü doğanın temel yasalarından değil bizi kuşatan çevreden kaynaklanırlar. Evrenin yaşı da çevresel bir faktördür, evrenin geçmişinde erken ve geç zamanlar olmakla birlikte biz bu devirde yaşıyoruz, çünkü yaşama olanak tanıyan tek devir bu. Çevresel rastlantıları anlamak kolaydır, çünkü evrende var olan pek çok kozmik habitat arasında yaşama elverişli tek habitat burasıdır ve bizim yaşanabilir bir habitatta var olmak zorunda olduğumuz açıktır.

Zayıf antropik ilke fazla tartışmalı değildir. Ancak bazı fizikçiler tarafından küçümsense de biz bu ilkenin daha güçlü olanını tartışacağız. Güçlü antropik ilkeye göre bizim varoluşumuz yalnızca *çevremizi* sınırlandırmakla kalmaz, *doğa yasalarının içeriklerini ve biçimlerini* de sınırlandırır. Sadece Güneş sistemimizin değil bütün evrenimizin kendine özgü özellikleri insan yaşamının gelişmesini destekleyecek tuhaflıkta görünüyor ve bunu açıklamak çok daha zor.

Hidrojen, helyum ve birazcık lityumdan oluşan erken evrenin nasıl gelişip, bizimki gibi akıllı yaşamı içeren en azından bir dünya yarattığı çok uzun bir öykü olurdu. Daha önce belirttiğimiz gibi, doğanın kuvvetleri sayesinde ağır elementler -özellikle karbon- ilk elementlerden üretilebilir ve milyarlarca yıl dengeli kalırlar. Bu ağır elementler yıldızların ocaklarında oluştu; yani kuvvetler önce yıldızların ve galaksilerin oluşmasını sağlamalıydı. Bunlar da erken evrenin küçücük homojensizliklerinden meydana gelmiştir; evren neredeyse birörnek olmakla birlikte, neyse ki yaklaşık yüz binde bir oranında yoğunluk

farklılıkları içeriyordu. Yine de yıldızların varlığı ve yıldızların içindeki bizi oluşturan maddelerin varlığı yeterli değildir. Yıldızların dinamiği gereği bazıları sonunda patlar ve bu patlama öyle bir şekilde gerçekleşir ki, içindeki ağır elementler uzaya yayılır. Dahası, doğa yasaları gereği kalıntılar yeni nesil yıldızlar oluşturmak üzere yeniden yoğunlaşır, bu yıldızları yeniden biçimlenen ağır elementlerle kaynaşan gezegenler kuşatır. Dünyanın ilk zamanlarında bizim gelişmemizi sağlayacak belli olaylar dizisinin gerçekleşmesinin zorunlu olması gibi; var olabilmemiz için zincirin her bir halkası gereklidir. Ancak evrenin gelişimine yol açan olayları yöneten, doğanın temel yasalarının dengesiydi ve var olabilmemiz için bunların tam olarak doğru bir etkileşim içinde olmaları gerekiyordu.

Bu durumun içerdiği rastlantının epeyce büyük olduğunu 1950'de ilk fark eden Fred Hoyle oldu. Hoyle, bütün kimyasal elementlerin ilk olarak hidrojenden geldiğine, onun ilk gerçek öz olduğuna inanıyordu. Hidrojen en basit atom çekirdeğine sahiptir; bu çekirdek yalnızca tek bir protondan oluşur ve bu proton ya tek başınadır ya da ona bir veya iki nötron eşlik eder. (Hidrojenin farklı biçimlerine ya da proton sayısı aynı elektron sayısı farklı çekirdeklere izotop denir.) Günümüzde çekirdeğinde iki ve üç proton olan helyum ve lityum atomlarının, evren yaklaşık 200 saniye yaşında iken çok daha küçük miktarlarda ve ilksel olarak sentezlendiklerini biliyoruz. Öte yandan hayat daha karmaşık elementlere bağlıdır. Bunların içinde en önemlisi ve tüm organik kimyanın temeli olan karbondur.

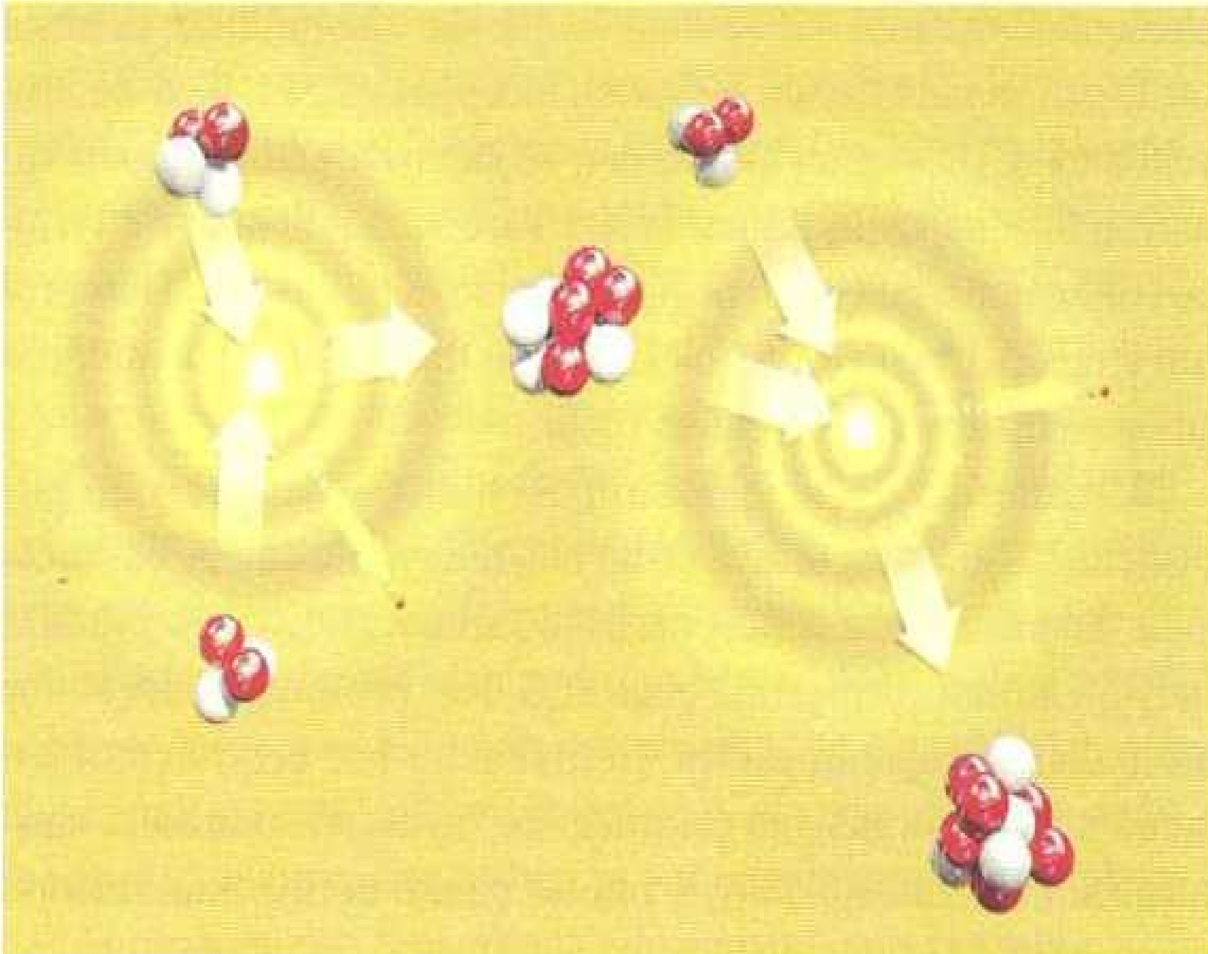
Akıllı bilgisayarlar gibi "yaşayan" organizmaların silikon gibi diğer elementlerden üretildiği söylenebilir, ama hayatın karbon olmadan *kendiliğinden* oluşabileceği kuşku götürür. Bunun nedenleri teknik olmakla birlikte karbonun diğer elementlerle bağlanma biçimindeki eşsiz davranışla ilgilidir. Örneğin karbondioksit oda sıcaklığında gaz halindedir ve biyolojik olarak çok yararlıdır. Silikon periyodik tabloda karbonun hemen altında yer aldığı için benzer kimyasal özelliklere sahiptir. Ancak silikon dioksit, yani kuartz, taş koleksiyonları içinde organizmaların ciğerlerinde olduğundan çok daha yararlıdır. Yine de kendilerine silikonla ziyafet çeken ve sıvı amonyak içinde kuyruklarını ritmik olarak çevirip duran hayat formları gelişebilirdi. Bu türden egzotik hayatlar bile yalnızca ilksel elementlerden oluşamaz, çünkü bu elementler yalnızca iki tür dengeli birleşim oluşturabilir: Renksiz bir kristalin olan lityum hidrat ve hidrojen gazı ki, ikisi de üreyebilmek şöyle dursun birbirinden hoşlanmaları bile mümkün

olmayan bileşimlerdir. Bunlar *bizim* karbondan olma hayat formları olduğumuz gerçeğini değiştirmez; böylece çekirdeği altı proton içeren karbon ve bedenlerimizdeki diğer ağır elementler nasıl oluşmuştur sorusu gündeme gelir.

İlk aşama daha eski yıldızların, iki hidrojen çekirdeğinin çarpışıp kaynaşmasıyla ortaya çıkan helyumu biriktirmeye başlamasıdır. Yıldızların bizi ısıtan enerjisini yaratan bu kaynaşmadır. İki helyum atomu çarpışarak, çekirdeği dört protondan oluşan bir atom olan berilyumu yaratır. Berilyum bir kez ortaya çıktıktan sonra üçüncü bir helyum çekirdeği ile kaynaşarak karbonu oluşturması beklenir. Ama böyle olmaz, çünkü berilyumun izotopu oluştuğu anda bozularak helyum çekirdeğine geri döner.

Yıldızın hidrojeni bitmeye başladığında durum değişir. Bu olduğunda, yıldızın çekirdeği ısı 100 milyon derece Kelvin'e ulaşıncaya dek çöker. Bu koşullar altında çekirdekler birbirleriyle o kadar sık çarpışırlar ki, berilyum çekirdeği ve helyum çekirdeği bozulmaya fırsat bulamadan birleşir. O zaman berilyum, helyum ile birlikte eriyerek bozulmayan, dengeli bir karbon izotopu üretir. Ancak bu karbon, bir kadeh Bordeaux şarabının tadını çıkaran, alevli lobutları havada çeviren veya evren hakkında sorular soran kimyasal bileşik kümelerini oluşturmaktan epeyce uzaktır. İnsanlar gibi varlıkların oluşabilmesi için karbonun yıldızın içinden çıkıp daha dost canlısı bir mahalleye taşınması gerekir. Bu da ancak, hayat döngüsünün sonuna gelen yıldız bir süpernova olarak patlayıp, sonradan bir gezegen olarak yoğunlaşacak olan karbonu ve diğer ağır elementleri uzaya saçtığında gerçekleşir.

Bu karbon yaratma sürecine üçlü alfa süreci denir, çünkü "alfa parçacığı" ismi, helyum izotopunun çekirdeğine verilen bir başka isimdir; süreç her üçünün kaynaşmasını gerektirir. Olağan fizik üçlü alfa süreci yoluyla karbon yaratımının oldukça az sayıda olması gerektiğini öngörüyor. Bunu dikkate alan Hoyle 1952'de berilyum çekirdeği ile helyum çekirdeğinin enerji toplamlarının, karbon izotopunu oluşturan kuantum durumunun enerjisi ile tam olarak aynı olması gerektiğini ileri sürdü; nükleer tepkimenin hızını büyük oranda artıran bu duruma rezonans denildi.



Üçlü alfa süreci Karbon yıldızların içinde, üç helyum çekirdeğinin çarpışmasıyla oluşur, nükleer fizik yasalarının kendine özgü bir özelliği olmasaydı karbon oluşması olası değildi.

O sıralarda böyle bir enerji düzeyi bilinmiyordu, ancak Hoyle'un önerisini dikkate alan Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü'nden William Fowler araştırdı ve buldukları karmaşık çekirdeklerin yaratımı konusunda Hoyle'un görüşlerine önemli bir destek sağladı.

Hoyle şöyle yazıyor: "Kanıtları inceleyen herhangi bir bilim insanının nükleer fizik yasalarının, yıldızların içinde üretilen sonuçları özellikle dikkate alarak tasarlandığı çıkarımında bulunamamasına imkân yoktur." O zamanlar kimse, tam olarak bu fiziksel yasalara yol açan rastlantısallığın boyutlarını anlamaya yetecek kadar nükleer fizik bilmiyordu. Ancak güçlü antropik ilkenin değerini araştıran fizikçiler, son yıllarda doğanın yasaları farklı olsaydı evren neye benzerdi sorusunu kendilerine sormaya başladılar. Günümüzde üçlü alfa tepkimesinin hızını doğanın temel kuvvetlerine göre hesaplayan bilgisayar modelleri yapabiliyoruz. Bu hesaplamalar gösteriyor ki, güçlü nükleer kuvvetin gücünde yüzde 0,5'lik bir değişiklik veya elektrik kuvvetinde yüzde 4'lük değişiklik bile her yıldızdaki bütün karbonu veya bütün oksijeni ve dolayısıyla bizim bildiğimiz anlamda hayat olasılığını ortadan kaldırabilirdi. Evrenin kurallarını azıcık değiştirmek bile bizim varlığımızın koşullarını ortadan kaldırıyor!

Fizik kuramları belli yöntemlerle değiştirildiğinde üretilen evren modellerini inceleyerek, fizik yasalarındaki değişikliğin etkileri üzerinde metodik olarak çalışılabilir. Bizim var olmamız için gereken düzeni kuranın sadece güçlü nükleer kuvvet ile elektromanyetik kuvvet olmadığı anlaşılmıştır. Kuramlarımızdaki temel değişmezlerin ince bir ayara sahip oldukları, minik miktarlarda yapılan değişikliklerde bile ortaya çıkıyor; evren niteliksel olarak farklı bir hale geliyor ve pek çok durumda hayatın gelişmesine elverişli olmuyor. Örneğin diğer nükleer kuvvet, zayıf kuvvet biraz daha zayıf olsaydı, erken evren döneminde kozmostaki bütün hidrojen helyuma dönüşürdü ve bu yüzden de normal yıldızlar olmazdı; biraz daha güçlü olsaydı patlayan süpernovalar dış muhafazalarını kıramazlardı ve böylece yıldızlararası uzayı, gezegenlerin hayatı beslemesi için gereken ağır elementlerle tohumlayamazdı. Eğer protonlar yüzde 0.2

oranında daha ağır olsaydı bozularak nötronlara dönüşür, atomların dengesini bozardı. Bir protonu oluşturan kuarkın kütle toplamı yüzde 10 gibi küçük bir oranda değiştirilseydi, bizi oluşturan sabit çekirdekli atomlardan çok daha az miktarda olurdu; aslında kuark kütlelerinin toplamının, sabit çekirdek sayısının en yüksek sayıda olması için ideal olduğu ortada.

Gezegen hayatının gelişmesi için birkaç yüz milyon yıllık sabit yörünge gerektiği varsayılırsa, uzay boyutlarının sayısı da bizim varlığımızla sabitlenmiştir. Çünkü yerçekimi yasasına göre ancak üç boyutta dengeli eliptik yörüngeler mümkün olabiliyor. Dairesel yörüngeler bir başka boyutta olanaklı, ancak bunlar Newton'ın
korktuğu gibi sabit değiller. Üç boyut dışındaki herhangi bir boyutta küçücük bir bozulma, örneğin diğer gezegenlerin çekiminde oluşan bir değişiklik, gezegeni dairesel yörüngesinden çıkarır, Güneş'e uzak veya yakın dönmesine neden olurdu, yani ya donar, ya da yanardık. Ayrıca üçten fazla boyutta iki cisim arasındaki çekim kuvveti, üç boyutta olduğundan çok daha hızlı bir şekilde azalırdı. Üç boyutta uzaklık iki katına çıktığında çekim kuvveti değerini 1/4 oranında kaybeder. Dört boyutta 1/8, beş boyutta 1/16 oranında kaybeder. Sonuç olarak üçten fazla boyutta Güneş, içsel basıncının çekim gücünün çekimini dengelediği sabit bir konumda kalamaz. Ya parçalanır ya da çökerek bir kara deliğe dönüşür ki, öyle ya da böyle gününüz berbat olur. Atomik ölçekte elektrik kuvveti çekim kuvveti gibi davranır. Yani atomlardaki elektronlar ya kaçar ya da çekirdeğin içine düşer. Her iki durumda da bizim bildiğimiz anlamda atomların olması olası değildir.

Zeki gözlemcileri destekleme becerisine sahip karmaşık yapıların ortaya çıkışları çok kırılgandır. Doğanın yasalarının biçim verdiği bir sistem olağanüstü ince bir ayara sahiptir ve bildiğimiz hayatın gelişme olasılığını ortadan kaldırmadan yapılabilecek değişiklik çok küçüktür. Fizik yasasının kesin ayrıntılarında bir dizi şaşırtıcı rastlantı olmasaydı, insanlar ve benzeri yaşam formları varlık kazanamazdı.

En etkileyici ince-ayarlı rastlantı, Einstein'ın genel görelilik denklemlerindeki kozmolojik sabitini içerir. Daha önce de belirttiğimiz gibi 1915'te kuramını formüle ettiğinde Einstein evrenin durağan olduğuna inanıyordu, yani evren ne genişliyor ne de daralıyordu. Bütün maddeler diğer maddeleri çektiğinden, evrenin kendi üzerinde çökme eğilimiyle

savaşması için yeni bir karşı-çekim kuvvetini kuramına ekledi. Bu kuvvet, diğer kuvvetlerin tersine, herhangi bir kaynaktan gelmiyordu, uzay-zamanın kendi içinde oluşturulmuştu. Kozmolojik sabit bu kuvvetin gücünü tanımlar.

Evrenin durağan olmadığı keşfedildiğinde Einstein kozmolojik sabiti kuramından çıkardı ve onu denklemlerine eklemeyi hayatının en büyük yanlışı saydı. Ancak 1998'de çok uzak süpernovaların gözlemleri, evrenin artan bir hızla genişlediğini ortaya çıkardı; bütün uzayda etkili olan bir tür itici kuvvet olmaksızın bunun olanaksız olduğu anlaşıldı. Kozmolojik sabit böylece yeniden doğdu. Artık bu sabitin değerinin sıfır olmadığını biliyoruz, ama neden böyle bir değeri var sorusu geriye kalıyor. Fizikçiler, kuantum mekaniklerinin sonuçlarına göre nasıl ortaya çıktığını açıklamak üzere tartışmalar başlattı, ancak buldukları değer 120 basamaklıydı (birden sonra gelen 120 adet sıfır) ve bu, süpernova gözlemlerinde ulaştıkları gerçek değerden daha güçlüydü. Ya hesabın mantığı yanlıştı, ya da mucizevi bir şekilde; hesaplanan sayının hayal bile edilemeyecek küçüklükteki kesri dışında kalan bölümünü geçersiz kılan başka bir etki vardı. Kesin olan tek şey, kozmolojik sabit sahip olduğu değerden çok daha büyük olsaydı evrenimiz galaksiler oluşmadan önce parçalanırdı - ve yine bildiğimiz hayat olmazdı.

Bu rastlantılara ne anlam verebiliriz? Temel fizik yasasının kesin biçimi ve doğasındaki şans ile bizim çevresel unsurlarda bulduğumuz şans birbirinden farklıdır. Kolaylıkla açıklanamadığı gibi fiziksel ve felsefi sonuçları çok daha derindir. Evrenimiz ve yasaları bizi desteklemek üzere oluşturulmuş bir tasarıma sahip gibidir ve eğer biz varsak bu tasarımda değişiklik olması pek mümkün değil. Bu kolayca açıklanabilecek bir durum değil ve doğal olarak niçin böyle olduğunu soruyoruz.

Pek çok insan bu rastlantıları Tanrı'nın işlerinin kanıtı olarak kullanmak isteyecektir. Evrenin insanlığa kalacak yer sağlamak için tasarlandığı düşüncesi günümüzden binlerce yıl öncesine uzanan teolojilerde ve mitlerde yer almıştır. Mayaların mitsel-tarihi anlatılarının yer aldığı Popol Vuh'ta tanrılar şöyle der: "Bilinç bahşedilen insan var oluncaya kadar yarattığımız bütün şeyler için ne övüldük, ne de onurlandırıldık." MÖ 2000 tarihli tipik bir Mısır yazıtı şöyle der: "Tanrı'nın sürüsü olan insanın iyi yaşaması sağlanmıştır. O (Güneş Tanrısı) onun yararı için gökyüzünü ve yeryüzünü yaratmıştır." Çin'de Taocu filozof Liezi (LieYu- kou) (MÖ 400)

bu düşünceyi bir öyküdeki karaktere söyletmiştir: “Tanrı büyümesi için beş çeşit tohum yarattı, yüzgeçli ve tüylü kabileleri özellikle biz yararlanalım diye yarattı.”

Batı kültüründe Eski Ahit yaratılış öyküsünde ilahi tasarımdan söz eder, ancak geleneksel Hıristiyan bakış açısı, “kasıtlı bir tasarıya göre işleyen akıllı doğal dünyaya” inanan Aristoteles’ten de büyük ölçüde etkilenmiştir. Ortaçağ Hıristiyan din bilimcilerinden Aquino’lu Aziz Tomasso, Tanrı’nın varlığını kanıtlamak için Aristoteles’in doğanın düzeni hakkındaki düşüncelerini kullanır. 18. yüzyılda bir başka Hıristiyan din bilimci o kadar ileri gitmiştir ki, tavşanların kuyruklarının daha kolay vurabilmemiz için beyaz olduğunu söylemiştir. Hıristiyan görüşünün daha modern bir örneği birkaç yıl önce Viyana başpiskoposu Kardinal Christoph Schönborn tarafından verilmiştir; “Şimdi *21. yüzyılın başlangıcın*da yeni Darvincilik gibi bilimsel iddialarla veya kozmolojide çokluevren gibi varsayımlarla karşılaşıyoruz; bunlar ilahi amacın ve tasarımının karşı konulmaz kanıtından sakınmak isteyen modern bilim tarafından icat edilmiştir. Katolik Kilisesi doğanın yapısında bulunan tasarımın gerçek olduğunu ilan ederek insanın doğasını yeniden savunacaktır.” Kardinalin kozmolojide amaç ve tasarımın kaçınılmaz kanıtı olan şey dediği, yukarıda anlattığımız fiziksel yasanın ince ayarıdır.

İnsan merkezli evreni bilimsel olarak yadsımanın dönüm noktası, Dünya’nın Güneş sisteminde merkez konumunda olmadığı Kopernik sisteminde gerçekleşti. Ne tuhaftır ki, Kopernik’in kendi dünya görüşü antropomorfikti. Öyle ki, Güneş merkezli modelinde Dünya’nın evrenin *neredeyse* merkezinde bulunduğuna işaret ederek bizi teselli ediyordu: “Yeryüzü evrenin merkezinde olmasa bile, bu merkeze olan uzaklığı sabit yıldızların uzaklığı ile karşılaştırıldığında çok önemsizdir.” Teleskopun icadı ile 17. yüzyılda gerçekleştirilen, çevresinde bir uydu dönen tek gezegen olmadığımız gibi gözlemler evrende ayrıcalıklı bir konuma sahip olmadığımız fikrine ağırlık kazandırdı. İzleyen yüzyıllarda evren hakkında daha fazla şey keşfettikçe, bizim gezegenimizin sıradan olduğunu daha iyi anladık. Ancak son dönemlerde doğanın pek çok yasasının son derece ince bir ayara sahip olduğunun keşfedilmesi, en azından bazılarımızın yeniden o eski düşünceye geri dönmesine yol açtı: Bu büyük tasarım, bir büyük tasarımcının işidir. ABD’de yasalar okullarda din eğitimini yasakladığı

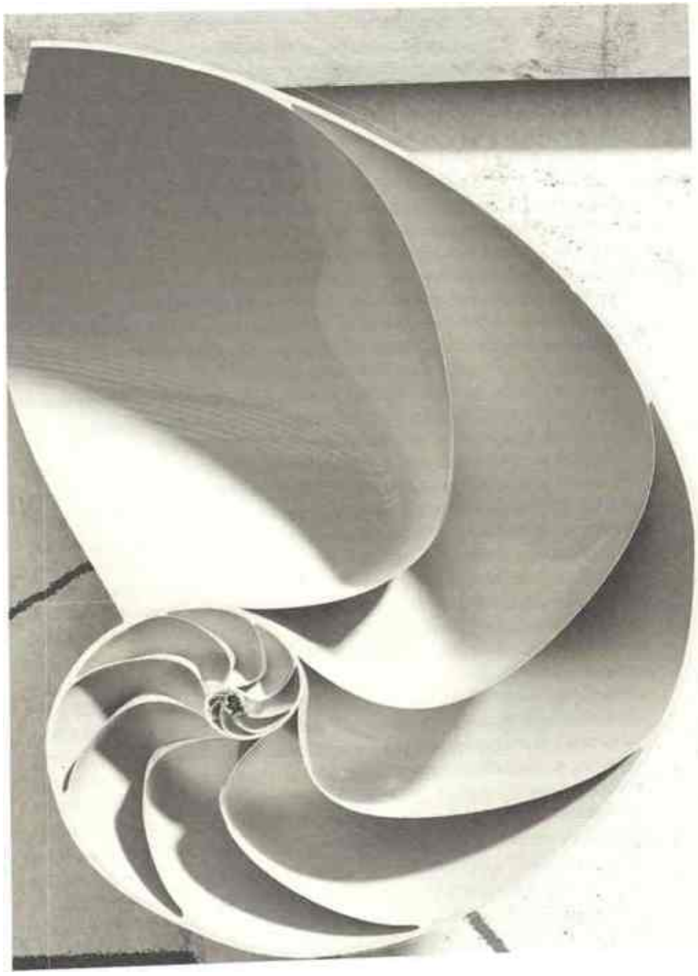
için, bu türden düşüncelere akıllı tasarım denir ve tasarımcının Tanrı olduğu açıkça olmasa da ifade edilir.

Modern bilimin yanıtı bu değildir. 5. bölümde gördük, bizim evrenimiz, her biri farklı fiziksel yasalara sahip olan evrenlerden biri. Bu çokluevren görüşü, ince ayar mucizesini açıklamak için geliştirilmiş bir kavram değildir. Modern kozmolojideki pek çok farklı kuramın yanı sıra, sınırsızlık koşulunun bir sonucudur. Eğer bu doğruysa, o zaman güçlü antropik ilkenin uygulamada zayıf ilke ile denk olduğu düşünülebilir; fiziksel yasalardaki ince ayarı çevresel faktörler temelinde değerlendirirsek, bizim kozmik yaşam alanımız -artık gözlemlenebilen bütün evren- pek çok evrenden biridir, tıpkı Güneş sistemimizin pek çok Güneş sisteminden biri olması gibi. Bunun anlamı, bizimkine benzer milyarlarca sistemin var olduğunu anlamamızla birlikte Güneş sistemimizdeki çevresel rastlantıların olağanüstülük özelliğini kaybetmesidir; yasalardaki ince ayar çokluevrenlerin varlığıyla açıklanabilir. Yüzyıllar boyunca pek çok insan kendi dönemlerinde bilimsel açıklaması yapılamayan doğanın güzelliğini ve karmaşıklığını Tanrı'ya atfettiler. Ancak Darwin ve Wallace'ın mucize gibi görünen yaşam formlarının bir yüce gücün müdahalesi olmaksızın ortaya çıkabildiklerini açıklamaları gibi, çokluevren kavramı da, evreni bizim çıkarlarımız için yaratan iyiliksever bir yaratıcıya gerek kalmadan fiziksel yasalardaki ince ayarı açıklayabilir.

Einstein bir defasında asistanı Ernst Straus'a "Evreni yaratırken Tanrı'nın başka bir seçeneği var mıydı?" sorusunu sormuştu. 16. yüzyılın sonlarında Kepler, Tanrı'nın evreni bazı mükemmel matematik ilkelerine göre yarattığına inanmıştı. Newton, göklere uygulanan yasaların yeryüzünde de uygulandığını görmüş ve bu mükemmel yasaları ifade edebilmek için denklemler geliştirmişti; bu yasalar 18. yüzyıl bilimcileri arasında neredeyse dini bir coşku uyandırmış, bu yasaları Tanrı'nın bir matematikçi olduğunu göstermek amacıyla kullanmışlardır.

Newton'dan, özellikle de Einstein'dan beri fiziğin amacı Kepler'in tasarladığı türde basit matematiksel ilkeleri bulmak ve bunlarla doğada gözlemlediğimiz maddelerin ve kuvvetlerin bütün ayrıntılarına açıklama getirecek her şeyin birleşik kuramını yaratmaktı. 19. yüzyılın sonları ve 20. yüzyılın başlarında Maxwell ve Einstein elektrik, manyetizma ve ışık kuramlarını birleştirdiler. 1970'lerde güçlü ve zayıf nükleer kuvvetleri elektromanyetik kuvvetle birleştiren standart model yaratıldı. Daha sonra

Sicim kuramı ve M-kuramı, geriye kalan kuvveti, kütleçekim kuvvetini de birleşik kurama ekleme çabasıyla ortaya çıktılar. Amaç yalnızca bütün kuvvetleri açıklayan tek bir kuram bulmak değil, kuvvetlerin gücü, temel parçacıkların kütle ve yükleri gibi temel sayıları da açıklayan bir kuram bulmaktı. Einstein'ın belirttiği gibi "doğa öyle bir oluşuma sahip ki, bu kadar güçlü bir şekilde belirlenmiş yasaların içinde ancak kesin olarak belirlenmiş sabitlerin (yani kuramı ortadan kaldırmadan sayısal değerleri değiştirilemeyecek sabitler) bulunduğunu mantıksal olarak ilan edebiliriz" diyebilmeyi umuyorduk. Tek kuram, muhtemelen bizim var olmamıza olanak sağlayan "ince ayara" sahip olmayacak. Ancak Einstein'ın içinde bulunduğumuz evreni ve diğer evrenleri bütün farklı yasalarıyla açıklayacak eşsiz kuram rüyasını, son gelişmelerin ışığında yorumlarsak, M-kuramının o kuram olabileceğini söyleyebiliriz. Peki, M-kuramı eşsiz mi? Veya onu gerektiren herhangi bir basit mantık ilkesi var mı? *Niçin M-kuramı* sorusunu yanıtlayabilir miyiz?



8

Büyük tasarım

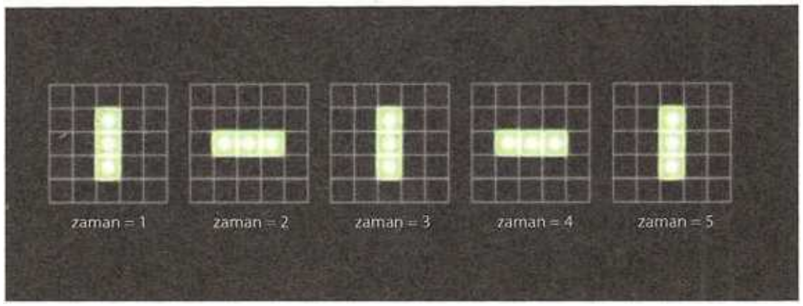
Bu kitapta Güneş, Ay ve gezegenler gibi astronomik cisimlerin hareketlerindeki düzenliliğin Tanrıların veya şeytanların heves veya kaprislerine göre değil, sabit yasalara göre yönetildiğini açıkladık. Başlangıçta bu yasalar sadece astronomi (veya astroloji, o zaman ikisi aynı kabul ediliyordu) içinde fark edilebildi. Dünya üzerindeki şeylerin davranışları öyle karmaşıktı ve o kadar çok etki tarafından belirleniyordu ki, ilk uygarlıklar bu fenomenleri yöneten açık bir model veya yasa olduğunu fark edemediler. Yine de yavaş yavaş, astronomi dışındaki alanlarda yeni yasalar keşfedildi ve bu durum bilimsel determinizme yol açtı: Verili bir zamanda evrenin daha sonra nasıl gelişeceğini belirleyen bir yasalar dizisi olmalıydı. Bu yasalar her yerde ve bütün zamanlarda geçerli olmalıydı, yoksa yasa olmazlardı. Herhangi bir istisna veya mucize olamazdı. Tanrılar veya şeytanlar evrenin işleyişine karışamazlardı.

Bilimsel determinizm ilk ortaya atıldığında bilinen yasalar yalnızca Newton'ın hareket ve çekim yasalarıydı. Bu yasaların Einstein'ın genel görelilik kuramında nasıl genişletildiğini, evrenin diğer özelliklerini yöneten diğer yasaların nasıl keşfedildiğini anlattık.

Doğanın yasaları bize evrenin *nasıl* davrandığını anlatır, ama *niçin* öyle davrandığını anlatmaz; kitabın başında şu soruları sormuştuk:

> Niçin hiçlik değil de varlık var?
>
> Niçin varız?

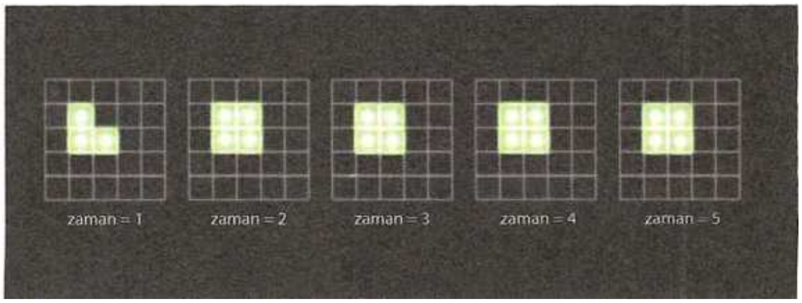
Niçin başka yasalar değil de bu bildiğimiz yasalar var?



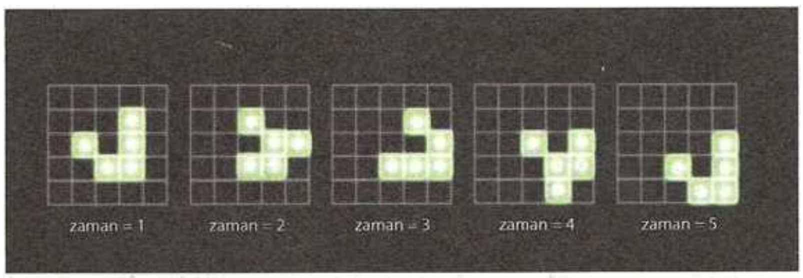
Çakar Hayat Oyunu'nda basit türde birleşik nesnelerden biri.

Bazıları bu sorulara yanıt olarak, Tanrı öyle tercih ettiği için evreni bu şekilde yarattı diyebilir. Evreni kimin veya neyin yarattığını sormak mantıklıdır, ancak yanıt Tanrı ise, Tanrı'yı kim yarattı diye sormak gerekecektir. Bu bakış açısına göre yaratıcıya ihtiyaç duymayan bir varlık söz konusudur ve bu varlık Tanrı'dır. Bu, Tanrı'nın varlığı ile ilgili ilk-neden tartışması olarak bilinir. Bize göre yine de bu soruları tümüyle bilimsel alan içinde, herhangi bir ilahi varlığa başvurmadan yanıtlamak mümkündür.

3. bölümde anlattığımız modele dayalı gerçekçiliğe göre beynimiz dış dünyanın bir modelini yaratarak duyu organlarımızdan gelen verileri yorumlar. Evlerimiz, ağaçlar, diğer insanlar, duvarlardaki prizlerden akan elektrik, atomlar, moleküller ve diğer evrenler hakkında zihinsel kavramlar oluştururuz. Bilebileceğimiz tek gerçeklik bu zihinsel kavramlardır. Gerçekliğin modelden bağımsız olarak sınanması mümkün değildir. İyi yapılandırılmış bir model kendi gerçekliğini yaratır. Gerçeklik ve yaratılış gibi konularda düşünmemize yardımcı olabilecek bir örnek 1970'te, Cambridge'de genç bir matematikçi olan John Conway tarafından geliştirilmiş Hayat Oyunu'dur.



Cansız doğaya doğru evrim Hayat Oyunu'ndaki bazı birleşik nesneler kuralların asla değişemeyeceklerini söylediği bir biçime doğru evrilirler.



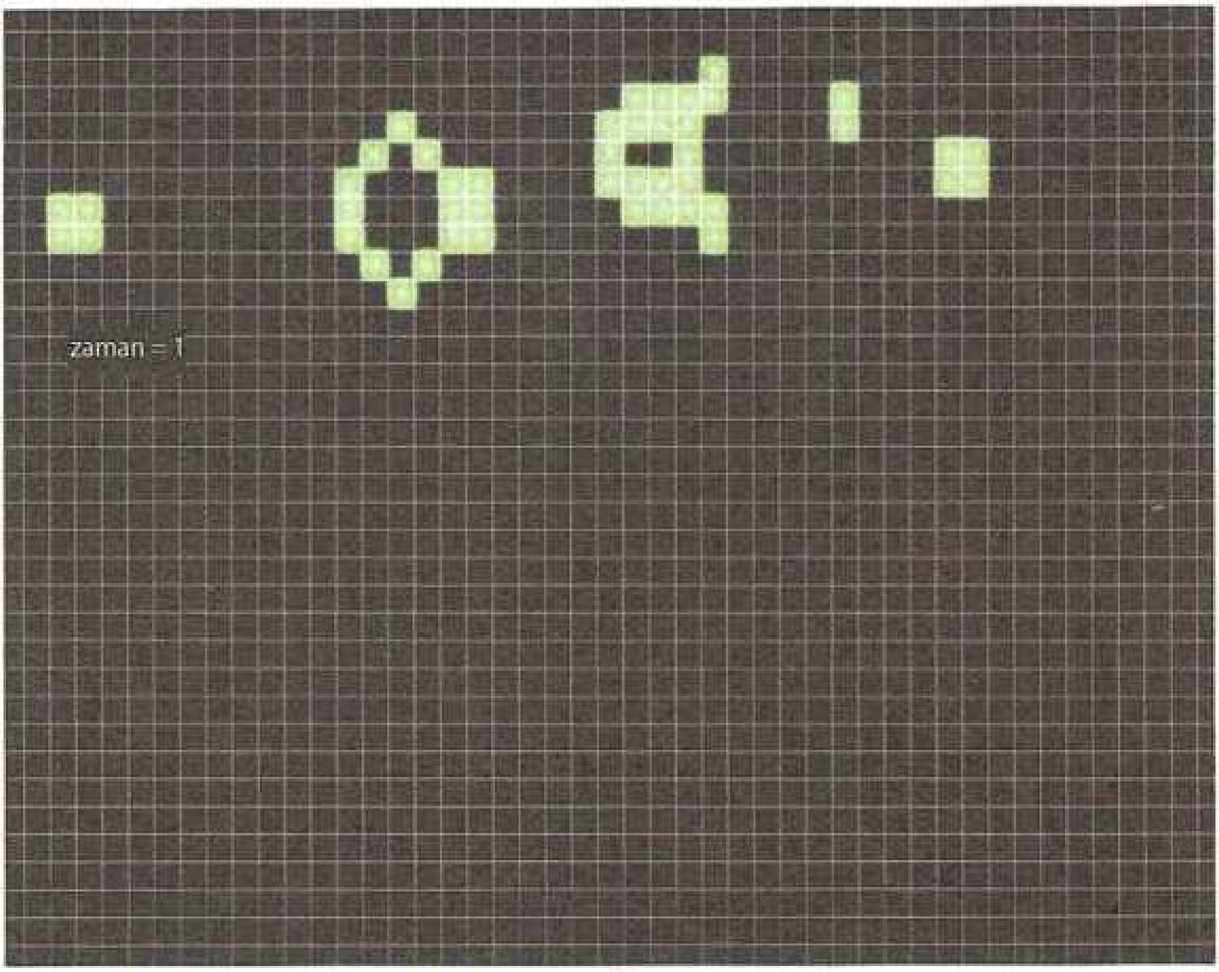
Planörler Planörler ara şekillerden geçerek şekil değiştirirler ve sonunda çapraz hat üzerinde bir kare aşağıda orijinal biçimlerine geri dönerler.

Hayat Oyunu'ndaki "oyun" sözcüğü yanıltıcıdır. Oyunda kazanan veya kaybeden yoktur; aslında oyuncular da yoktur. Hayat Oyunu gerçekten bir oyun değildir; iki boyutlu bir evreni yöneten bir dizi yasadan oluşur. Bu deterministik bir evrendir: Bir kez başlangıç yapısını veya ilk konumunu oluşturduktan sonra yasalar gelecekte neler olacağını belirler.

Conway dünyası, satranç tahtasında olduğu gibi karelerden oluşmuş bir kare olarak tasarlanmıştır, ama her yönde sonsuz olarak genişler. Her kare bir veya iki durumda olabilir. Canlı (142. sayfada yer alan resimdeki yeşil kareler gibi) veya ölü (resimdeki siyah kareler gibi). Her karenin sekiz komşusu vardır: Alt, üst, sağ, sol komşular ve dört köşegen komşu. Bu dünyadaki zaman sürekli değildir ama adımlar halinde ileri doğru hareket eder. Ölü ve canlı karelerden yapılan verili herhangi bir düzenlemede, aşağıdaki yasalar uyarınca canlı komşu karelerin sayısı daha sonra olacakları belirler:

1. İki ya da üç canlı komşusu olan canlı bir kare hayatta kalır, (hayatta kalma)
2. Tam olarak üç canlı komşusu olan ölü bir kare canlı hale gelir. (doğum)
3. Diğer bütün durumlarda hücreler ölür veya ölü olarak kalır. Canlı bir kare sıfır veya bir komşusu olduğunda yalnızlıktan, üçten fazla komşusu olduğunda kalabalıktan ölür.

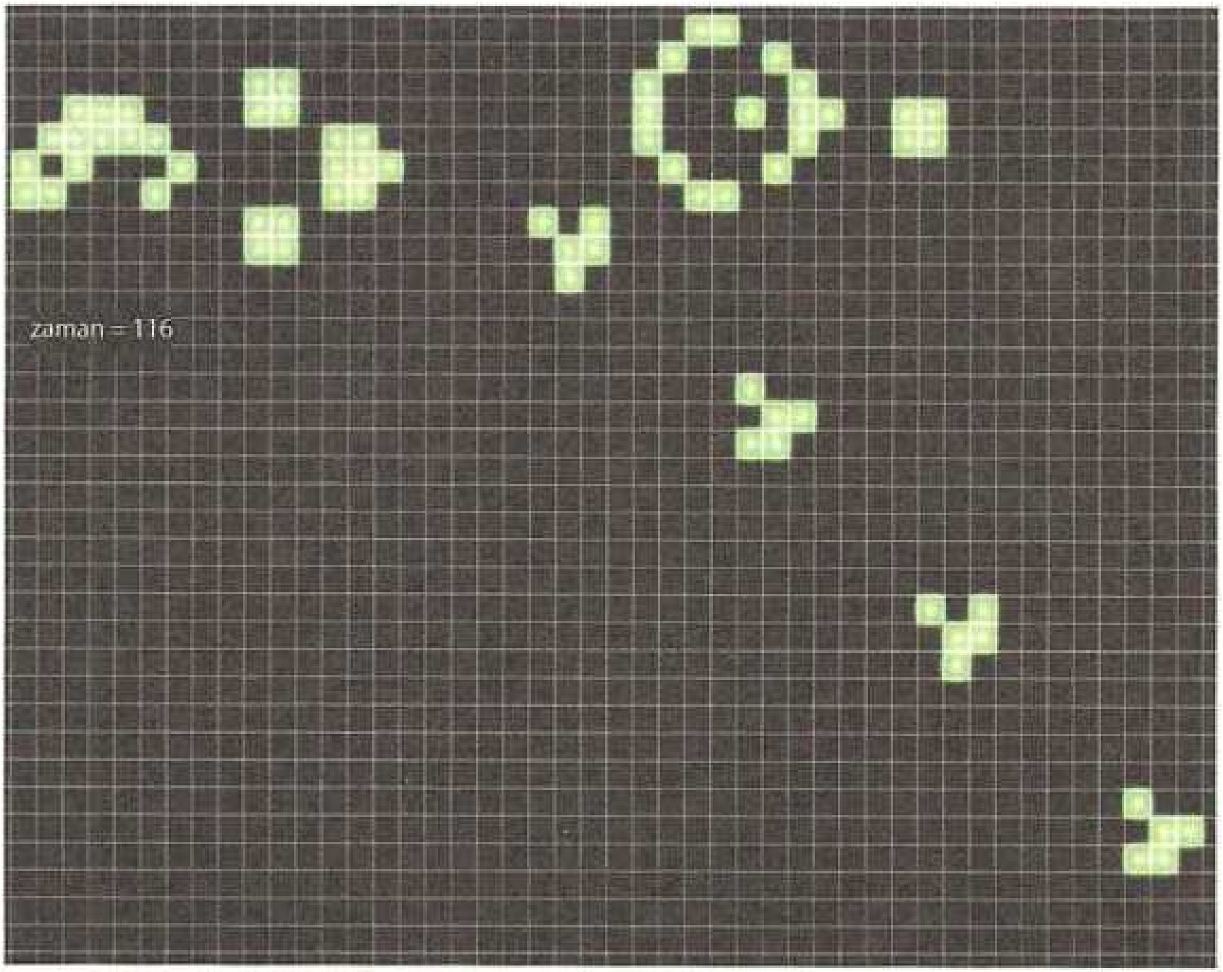
Hepsi bu: Verili herhangi bir başlangıç koşulunda bu yasalar birbiri ardınca kuşaklar yaratır. Tek başına canlı bir kare veya iki bitişik canlı kare bir sonraki kuşakta ölür, çünkü yeterince komşuları yoktur. Çaprazlama komşu olan üç canlı kare biraz daha uzun yaşar. İlk adımdan sonra uçlardaki kareler ölür, sadece ortadaki kare canlı kalır, o da bir sonraki kuşakta ölür. Her çapraz kare dizisi bu şekilde “buharlaşır”. Ancak üç canlı kare yatay olarak yan yana dizildiğinde, merkezdeki karenin yine iki komşusu vardır ve iki uçtaki kare ölürken ortadaki canlı kalır, ancak bu durumda merkezdeki karenin hemen altındaki ve üstündeki kareler canlanır. Böylece yatay dizi bir sütuna dönüşür. Bu dalgalı yapılara çakar denir.


zaman = 1

Planör silahının başlangıç konfigürasyonu Planör silahı bir planörden yaklaşık on kat daha büyüktür.

Üç canlı kare L şeklinde yerleştirilirse yeni bir davranış ortaya çıkar. Bir sonraki kuşakta L şeklinin yataklık ettiği ölü kare canlanır, 2x2'lik bir blok oluşur. Bu blok, değişmeden kuşaktan kuşağa aktarıldığı için cansız doğa denilen bir modelin parçasıdır. İlk kuşaklarda bu biçimde değişen pek çok model bulunur ama çok geçmeden ya cansız doğa formuna geçer veya ölürler, ya da ilk biçimlerine dönerek aynı süreci tekrar ederler.

Ayrıca planör denilen modeller vardır; bunlar da diğer şekillere dönüşürler ve birkaç kuşak sonra yeniden kendi biçimlerini alırlar ama başlangıca göre çapraz doğrultuda bir kare aşağıda konumlanırlar. Bu gelişmeyi izlerseniz bir hat boyunca emekliyormuş gibi hareket ettiklerini görürsünüz. Bu planörler çarpıştığında, her birinin çarpışma anındaki şekline bağlı olarak çok tuhaf davranışlar ortaya çıkar.


zaman = 116

116 kuşak sonra planör silahı Zamanla biçim değiştiren planör silahı bir planör çıkardıktan sonra orijinal biçimine ve konumuna geri döner. Bu süreci sonsuza kadar tekrarlar.

Bu evreni ilginç kılan şey, onun temel “fiziğinin” basit olmasına karşın, “kimyasının” karmaşık olabilmesidir. Yani birleşik nesneler farklı ölçeklerde var olurlar. En küçük ölçekte temel fizik bize yalnızca ölü veya canlı kareler olduğunu söylüyor. Daha büyük ölçekte planörler, çakarlar ve hareketsiz hayat blokları var. Daha da büyük bir ölçekte planör silahı gibi daha karmaşık nesneler yer alır: Bu durağan modeller, belirli aralıklarla yeni planörler doğurur ve bunlar yuvalarını terk edip çapraz bir hat boyunca ilerlerler.

Hayat Oyunu evrenini belirli bir ölçek içinde bir süre gözlemlerseniz o ölçekteki nesneleri yöneten yasaları bulabilirsiniz. Örneğin, yalnızca birkaç kare uzunluğundaki nesneleri içeren bir ölçekte “Bloklar asla hareket etmez”, “Planörler çapraz hareket eder” gibi yasalar bulabilirsiniz. Ayrıca, nesneler çarpıştığında ortaya çıkanlar için de farklı yasalar bulursunuz. Herhangi bir düzeydeki birleşik nesneler için bütün bir fizik sistemi kurabilirsiniz. Bu yeni yasalar, orijinal yasalarda yeri olmayan nesneler ve kavramlar yaratacaktır. Örneğin orijinal yasaların arasında “çarpışma” veya “hareket” gibi kavramlar yok. Bunlar yalnızca her bir durağan karenin canlı veya ölü olmasını tanımlar. Bizim evrenimizde olduğu gibi Hayat Oyunu’nda gerçeklik kullandığınız modele bağlıdır.

Conway ve öğrencileri kendi tanımladıkları kurallar kadar basit temel kuralları olan bir evrende kendini yenileyebilecek ölçüde karmaşık nesnelerin var olup olamayacağını öğrenmek istedikleri için bu dünyayı yarattılar. Hayat Oyunu dünyasında var olan birleşik nesneler, birkaç kuşak boyunca dünyalarının yasalarını izledikten sonra kendi türlerinde başka nesneler meydana getiriyorlar mı? Conway ve öğrencileri bunun mümkün olduğunu göstermekle kalmadılar, bu nesnelerin bir anlamda zekâya sahip olduklarını da kanıtladılar! Bu ne demek? Açık söylemek gerekirse, kendilerini yenileyen büyük kare yığınlarının “evrensel Turing makineleri” olduklarını gösterdiler. Amacımıza göre açıklayacak olursak, bizim fiziksel dünyamızda herhangi bir hesaplama için bir bilgisayar, ancak uygun verileri girdiğinizde işini yapabilir -yani Hayat Oyunu dünyasının ortamına uygun veriler sağlandığında-, birkaç kuşak sonra makinenin geldiği

durumda elde edilen çıktı, bilgisayar hesaplamalarının sonuçlarına uygun olarak okunabilir.

Bunun nasıl çalıştığını görmek için planörlerin 2x2 blokluk canlı kareler yapmaya kalkıştıklarında neler olacağını düşünelim. Planörler doğru bir şekilde yaklaşırlarsa durağan olan blok planörlerin kaynağına doğru veya kaynaktan uzağa doğru harekete geçer. Bu şekilde blok bir bilgisayarın hafızasını taklit eder. Aslında modern bir bilgisayarın VE/VEYA girişleri gibi bütün temel fonksiyonları planörler tarafından yaratılabilirler. Tıpkı fiziksel bilgisayarlarda kullanılan elektrik sinyalleri gibi, planörler de bilgi göndermek ve işlemek için kullanılabilir.

Hayat Oyunu'nda bizim dünyamızda olduğu gibi, kendi kendilerini yenileyen modeller karmaşık nesnelerdir. Matematikçi John von Neumann'ın daha önceki çalışmalarına dayanan bir tahmin, Hayat Oyunu'nda kendini yenileyebilecek bir modele ait minimum büyüklüğü on trilyon kare olarak belirledi. Bu sayı, kabaca tek bir insan hücresinde yer alan molekül miktarına karşılık gelir.

Yaşayan varlıklar sınırlı büyüklükte, istikrarlı ve kendini yenileyen karmaşık sistemler olarak tanımlanabilir. Yukarıda tanımlanan nesneler kendini yenileme koşuluna uyuyor ama istikrarlı olmayabilirler: Dışarıdan gelen küçük bir etki hassas mekanizmayı çökertebilir. Yine de biraz daha karmaşık yasaların hayatın bütün özelliklerini taşıyan daha gelişmiş sistemlere olanak tanıyabileceğini kolaylıkla düşünebiliriz. Conway dünyasında böyle bir varlık olduğunu düşünün. Böyle bir nesne çevresel uyaranlara karşılık verecektir ve bu nedenle karar verebiliyormuş gibi görünecektir. Böyle bir hayat kendinden haberdar mıdır? Kendinin bilincinde midir? Bunlar görüşlerin keskin bir şekilde ayrılmasına yol açan sorulardır. Bazıları kendinin farkında olma durumunun insanlara özgü olduğunu savunur. Bu, insanların özgür iradeye; farklı davranış biçimleri arasında seçim yapma yeteneğine sahip olmalarını sağlar.

Bir varlığın özgür iradeye sahip olduğunu nereden biliriz? Bir uzaylıyla karşılaştığımızda onun robot mu, yoksa kendi zihni olan biri mi olduğunu nasıl anlarız? Bir robotun davranışları, özgür iradeye sahip olan bir varlığın tersine, tamamen tanımlanmıştır. Yani ilkesel bir saptama olarak robot, davranışları öngörülebilir bir varlıktır. 2. bölümde belirtmiş olduğumuz gibi, eğer varlık büyük ve karmaşıksa bu saptamayı yapmak neredeyse olanaksızdır. Birbiriyle etkileşim halindeki üç veya daha fazla parçacıkla

ilgili denklemleri bile tam olarak çözemiyoruz. İnsan büyüklüğünde bir uzaylı yüz trilyon trilyon parçacık taşıyacaktır ve robot bile olsa denklemleri çözüp onun ne yapacağını öngörmek olanaksızdır. Bu nedenle herhangi bir karmaşık varlığın özgür iradesi olduğunu söylemek zorundayız - temel bir özellik olarak değil, ama geçerli bir kuram olarak; onun davranışlarını öngörmemizi sağlayacak hesaplamaları yapma yeteneğine sahip olmadığımıza dair bir itiraf olarak.

Conway'in Hayat Oyunu örneği, bir dizi basit yasanın bile akıllı yaşama benzeyen karmaşık özellikler yaratabileceğini gösteriyor. Bu nitelikte pek çok yasa dizisi olmalı. Evrenimizi yöneten temel yasaları (görünürdeki yasaların karşıtı olarak) seçen ne? Conway'in evreninde olduğu gibi, evrenimizin yasaları her hangi bir zamanda verili olan duruma göre sistemin gelişmesini belirler. Conway'in evreninde yaratıcı biziz - oyunun başlangıcında nesneleri ve onların konumlarını belirleyerek evrenin başlangıç durumunu biz seçiyoruz.

Fiziksel bir evrende, Hayat Oyunu'ndaki planörler gibi nesnelere karşılık gelen şey, maddenin yalıtılmış kitlesidir. Bizimki gibi sürekli bir dünyayı tanımlayan herhangi bir yasalar dizisi bir enerji kavramını da içerecektir; bu enerji niceliksel olarak korunur, yani zaman içerisinde değişmez. Boş uzayın enerjisi zamandan ve konumdan bağımsız bir sabittir. Bu sabit vakum enerjisi, herhangi bir cismin uzayda kapladığı alanın enerjisi, aynı hacimdeki boş uzayın enerjisine göre ölçülerek bulunabilir ve buna sabit sıfır denir. Herhangi bir doğa yasasının mutlaka hesaba katılması gereken bir koşuluna göre, boş uzayla çevrili yalıtılmış bir cismin enerjisi pozitiftir; bu cismi birleştirmek için çaba gösterilmesi gerektiği anlamına gelir. Yalıtılmış cismin enerjisi negatif olsaydı, bir hareket durumu yaratılmış olur ve negatif enerjisi hareketinden kaynaklanan pozitif enerji ile tam olarak dengelenirdi. Bunlar doğru olsaydı cisimlerin herhangi bir yerde ve her yerde belirmemeleri için bir neden olmazdı. Bu nedenle boşluk kararsız olurdu. Ancak yalıtılmış bir cisim yaratmak enerji gerektiriyorsa bu durağan olmayış hali ortadan kalkar, çünkü evrenin enerjisi sabit kalmak zorundadır. Evreni yerel olarak sabit tutan, şeylerin boşluktan öylece belirivermelerini engelleyen nitelik budur.

Evrenin toplam enerjisi her zaman sıfır olmak zorundaysa ve bir cismi yaratmak enerji gerektiriyorsa, bütün evren hiçlikten nasıl yaratılmış

olabilir? Çekim kuvveti gibi bir yasanın var olmasının nedeni budur. Çekim kuvveti çekme özelliğine sahip olduğundan, çekimsel enerji negatiftir: Yani çekim kuvvetiyle bağlanmış bir sistemi -Dünya ve Ay gibi- ayırmak için epeyce çaba harcanması gerekir. Bu negatif enerji, maddenin yaratılması için gereken pozitif enerjiyi dengeler, ama bu o kadar basit değildir. Örneğin Dünya'nın negatif çekim kuvveti, Dünya'yı oluşturan madde parçacıklarının pozitif enerjisinin milyarda birinden azdır. Yıldız gibi bir cismin negatif çekim enerjisi daha büyüktür ve yıldız ne kadar küçülürse (farklı parçacıkları birbirlerine daha da yaklaşır), negatif çekim kuvveti de o kadar büyür. Ancak maddenin pozitif enerjisinden daha büyük hale gelmeden önce yıldız çökerek bir kara deliğe dönüşür ve kara deliklerin enerjisi pozitiftir. Boş uzayın dengeli olmasının nedeni budur. Yıldızlar veya kara delikler gibi cisimler hiçlikten var olmazlar. Ancak evrenin tamamı hiçlikten var olabilir.

Çekim kuvveti uzayı ve zamanı biçimlendirdiğinden, uzay-zamanın yerel olarak kararlı ama bütünsel olarak kararsız olmasına izin verir. Bütün evren ölçeğinde maddenin pozitif enerjisi, negatif çekim enerjisi tarafından *dengelenebilir,* dolayısıyla evrenlerin yaratılışında bir sınırlama yoktur. Çekim kuvveti gibi bir yasa olduğu için evren kendini hiçlikten yaratabilir (bu durumu 6. bölümde anlatmıştık). Hiçlik yerine varlığın olmasının nedeni, evrenin var olmasının nedeni, bizim olmamızın nedeni bu kendiliğinden yaratımdır. Evreni canlandırması ve devam ettirmesi için Tanrı'nın yardımına ihtiyaç yoktur.

Temel yasalar neden böyle? Nihai kuram tutarlı olmalı ve ölçebildiğimiz niceliklerin sınırlı sonuçlarını öngörebilmeli. Çekim kuvveti gibi bir yasanın var olması gerektiğini gördük ve 5. bölümde gördük ki, sınırlı nicelikleri öngörebilen bir çekim kuvveti kuramı, doğanın güçleri ile bu güçlerin etki ettiği madde arasındaki süpersimetriyi içermek zorunda. M-kuramı, çekim kuvvetinin en genel süpersimetrik kuramıdır. Bu nedenle M-kuramı, tamamlanmış bir evren kuramı olmaya *tek* adaydır. Eğer sonluysa -ki bu henüz kanıtlanmamıştır- kendi kendini yaratan bir evrenin modeli olacaktır. Biz bu evrenin parçası olmalıyız, çünkü başka bir tutarlı model yok.

M-kuramı Einstein'ın bulmayı umduğu birleşik kuramdır. Aslında -sadece doğanın temel parçacıklarının bir araya gelmesinden oluşan- insanın evreni yöneten yasaları anlamaya bu kadar yaklaşmış olması büyük bir

zafer. Ama belki de gerçek mucize mantığın soyut değerlendirmelerinin, şaşırtıcı bir çeşitlilikle dolu evreni öngören ve tanımlayan bir birleşik kurama ulaşmasıdır. Eğer kuram gözlemlerimizle doğrulanırsa, 3000 yıldan fazla süren bir araştırma başarıyla sonuçlanacak. Büyük tasarımı bulmuş olacağız.

Sözlük

A

Alternatif geçmişler. Herhangi bir gözlem olasılığının o gözleme yol açabilecek bütün olası geçmişlerden oluştuğunu ortaya koyan bir kuantum kuramı formülasyonu.

Antropik ilke. Var olduğumuz gerçeğine dayanarak görünür fizik yasaları hakkında sonuçlara varabileceğimiz düşüncesi

Asimtotik özgürlük. Güçlü kuvvetin kısa mesafelerde zayıflamasına neden olan özellik. Buna göre, çekirdeğin içindeki kuarklar güçlü kuvvetle birbirlerine bağlı olmalarına karşın, çekirdeğin içinde neredeyse hiçbir kuvvet hissetmeden hareket ederler.

Aşağıdan yukarıya yaklaşımı. Kozmolojide evrenin başlangıcı iyi tanımlanmış tek bir geçmişi olduğuna, bugünkü durumuna bu başlangıçtan evrimleşerek geldiği varsayımına dayanan düşünce.

Atom. Sıradan maddenin en temel birimi, proton ve nötronlardan oluşan bir çekirdeği vardır ve elektronlar çekirdeğin etrafında dönerler.

B

Baryon. Proton ve nötron gibi temel parçacıklardan biri, üç kuarktan oluşmuştur.

Bozon. Güç taşıyan temel parçacıklardan biri.

Büyük Patlama. Evrenin yoğun ve sıcak başlangıcı. Büyük patlama kuramına göre bugün gördüğümüz evren 13,7 milyar yıl önce yalnızca birkaç milimetre genişliğindeydi. Günümüzde evren muazzam bir genişliğe sahiptir ve daha soğuktur, ancak erken dönemin kalıntılarını bütün uzaya yayılan kozmik arka zemin mikrodalga radyasyonunda gözlemleyebiliyoruz.

Ç

Çekim kuvveti. Doğanın dört kuvveti içinde en zayıf olanı. Kütlesi olan nesnelerin birbirlerini çekmelerine neden olur.

Çokluevren. Evrenler dizisi.

E

Elektromanyetik kuvvet. Doğanın dört kuvvetinin ikinci güçlü kuvveti. Elektrik yüklü parçacıklar arasında etkilidir.

Elektron. Maddenin negatif yüklü ve elementlerin kimyasal özelliklerinden sorumlu temel parçacığı.

F

Faz. Dalganın döngüsündeki bir konum.

Fermiyon. Madde tipi temel parçacık.

Foton. Elektromanyetik kuvvet taşıyan bozon. Işığın kuantum parçacığı.

G

Galaksi. Çekim kuvveti tarafından bir arada tutulan yıldızlar, yıldızlara- rası madde ve karanlık maddeden oluşan büyük sistem.

Görünür yasalar. Evrenimizde gözlemlediğimiz yasalar (dört kuvvet yasası ve temel parçacıkların özellikleri olan kütle ve yük gibi parametreler). Bunlar, farklı yasaları olan farklı evrenlerin varlığına izin veren M-kuramının daha temel yasalarıyla karşıtlık oluşturur.

Güçlü nükleer kuvvet. Dört doğa kuvvetinin en güçlüsü. Bu kuvvet atomun çekirdeği içindeki proton ve nötronları bir arada tutar. Ayrıca proton ve nötronların kendilerini de bir arada tutar, bu gereklidir çünkü bu parçacıklar çok daha küçük parçacıklar olan kuarklardan oluşurlar.

H

Heisenberg'in belirsizlik ilkesi. Belirli iki fiziksel özelliğin aynı anda istenilen kesinlikte bilinemeyeceğim ifade eden kuantum yasası.

K

Kara delik. Kendi çekim kuvvetlerinin çok büyük olması nedeniyle evrenin geri kalanından ayrılan uzay-zaman bölgesi.

Karşıt madde. Maddenin her parçacığı kendine denk düşen bir karşıt parçacığa sahiptir. Bu parçacıklar karşılaştığında birbirlerini yok ederler ve geride saf enerji kalır.

Klasik fizik. Evrenin tek, iyi tanımlanmış bir geçmişi olduğunu var sayan her fizik kuramı.

Kozmolojik sabit. Einstein'ın denklemlerinde uzay-zamanın yapısal olarak genişleme eğilimi taşıdığım gösteren veri.

Kuantum kuramı. Nesnelerin tek bir belirli geçmişi olmadığını söyleyen kuram.

Kuark. Güçlü kuvvetin etkidiği parçalı elektrik yüküne sahip temel parçacık. Proton ve nötronlar üçer kuarktan oluşur.

M

M-kuramı. Her şeyin kuramı olmaya aday, temel fizik kuramı.

Mezon. Bir kuark ve bir karşıt kuarktan oluşan temel parçacık.

N

Nötrino. Yalnızca zayıf nükleer kuvvetten ve çekim kuvvetinden etkilenen olağanüstü hafif bir temel parçacık.

Nötron. Elektrik yükü nötr olan bir baryon türü. Protonla birlikte bir atomun çekirdeğim oluştururlar.

O

Olasılık genliği. Kuantum kuramında, mutlak değerinin karesi bir olasılığı temsil eden bileşik sayı.

P

Proton. Elektrik yükü pozitif olan bir baryon türü. Nötronla birlikte bir atomun çekirdeğini oluştururlar.

S

Sınırsızlık koşulu. Evrenin geçmişlerinin sınırsız kapalı yüzeyler olması koşulu.

Sicim kuramı. Parçacıkların -sonsuz incelikteki sicimler gibi- uzunlukları olan ama genişlikleri ve yükseklikleri olmayan, titreşim örüntüleri olarak tanımlandığı fizik kuramı.

Süperçekim. Süpersimetri denilen bir tür simetriye sahip çekim kuvveti kuramı.

Süpersimetri. Sıradan uzayın dönüşmesiyle ilişkilendirilemeyecek, incelikli bir simetri türü.

Süpersimetrinin en önemli çıkarımlarından biri kuvvet parçacıkları ve madde parçacıklarının, dolayısıyla kuvvet ve maddenin, aslında aynı şeyin iki ayrı görünümü olmalarıdır.

T

Tekillik. Uzay-zamanda fiziksel niceliğin sonsuz olduğu nokta.

U

Uzay-zaman. İçindeki noktaların hem uzay hem de zaman koordinatlarıyla belirlenmesi gereken matematiksel boşluk.

Y

Yeniden normalleştirme. Kuantum kuramında ortaya çıkan sonsuzlukları yorumlamak için kullanılan bir matematik tekniği.

Yukarıdan aşağıya yaklaşımı. Evrenin geçmişlerini yukarıdan aşağıya doğru, yani şimdiki zamandan geçmişe doğru izleyen kozmolojik yaklaşım.

Z

Zayıf nükleer kuvvet. Doğanın dört kuvvetinden biri. Zayıf kuvvet radyoaktiviteden sorumludur ve yıldızlarda elementlerin oluşmasında ve erken evrende hayati bir rol oynar.

Teşekkür

Evrenin bir tasarımı var, bir kitabın da. Ancak evrenin tersine bir kitap kendiliğinden hiçlikten belirivermiyor. Kitap bir yaratıcı gerektiriyor ve bu görev yalnızca yazarın omuzlarına düşmüyor. Bu nedenle biz de her şeyden önce neredeyse sonsuz sabırları için editörlerimiz Beth Rashbaum ve Ann Harris'e teşekkür ediyoruz. Öğrenciye ihtiyacımız olduğunda öğrencimiz, öğretmene ihtiyacımız olduğunda öğretmenimiz oldular, dürtülmemiz gerektiğinde de bizi dürttüler. Kitabın metni başlarına kaldı; bir virgülün yeri veya negatif eğrilikte bir yüzeyi simetrik eksende düz uzaya yerleştirmenin olanaksızlığı tartışılırken hep neşeliydiler. Ayrıca, metni okuyan ve değerli bilgilerini paylaşan Mark Hillery'ye; kitabın iç tasarımında büyük yardımları olan Carole Lowenstein'a; kapağın bitirilmesine yardımcı olan David Stevenson'a; ayrıntılara gösterdiği özenle bizi baskıda görmek istemeyeceğimiz yanlışlardan kurtaran Loren Noveck'e teşekkür ederiz. Peter Bollinger'e: Resimlerinle bilime sanat kattığın ve gösterdiğin özenle her ayrıntının doğrulukla yerine getirilmesini sağladığın için teşekkür ederiz. Ve Sidney Harris'e: Harika karikatürlerin ve bilim insanlarının karşılaştığı konularla ilgili olağanüstü duyarlılığın için teşekkür ederiz. Başka bir evrende bir fizikçi olabilirdin. Ayrıca, bizi destekledikleri ve cesaretlendirdikleri için Al Zuckerman ve Susan Ginsburg'a minnettarız. Sürekli olarak, "Artık kitabı bitirme zamanı" ve "Ne zaman bitireceğinizi dert etmeyin, sonunda o noktaya geleceksiniz," mesajları veriyorlardı, ama hangisini ne zaman söyleyeceklerini bilecek kadar bilgelerdi. Son olarak, Stephen'ın kişisel asistanı Judith Croasdell'e; bilgisayar yardımcısı Sam Blackburn'e; ve Joan Godwin'e teşekkür ederiz. Yalnızca moral destek vermekle kalmadılar, teknik ve pratik destek de sağladılar ki onlar olmasaydı bu kitap yazılamazdı. Dahası, en iyi barların nerede olduğunu hep biliyorlardı.

Dipnotlar

[1] ***Dünya üzerindeki bütün enlemlerin ekvator ile aynı uzunlukta olduğu dünya haritası türü. (ç.n.)***

[2] ***Her nötron bir yukarı, iki aşağı kuarka, her proton iki yukarı, bir aşağı kuarka sahiptir, (ç.n.)***

[3] ***Bu kuram ilk kez 17. yüzyılda maddenin yanması veya kireçleşmesi durumunda olanları anlatmak için kullanıldı. G.E. Stahl (1660-1734)*** **Kimyanın Temel ilkeleri** ***kitabında bu kuramı geliştirdi, (ç.n.)***

[4] ***Planck Sabiti, Max Planck tarafından bulunmuştur. Bir parçacığın enerjisinin frekansına olan oranıdır. (ç.n.)***

[5] ***Einstein'ın evrenin rastlantısal bir şekilde oluşmasının mümkün olmadığını iddia eden "Tanrı zar atmaz" sözüne gönderme yapılıyor. (ç.n.)***

[6] Altın Saçlı Kız ve Üç Ayı ***ya da*** Şirin Kız ve Üç Ayı ***isimleriyle bilinen masalın kahramanı küçük kız. (ç.n.)***